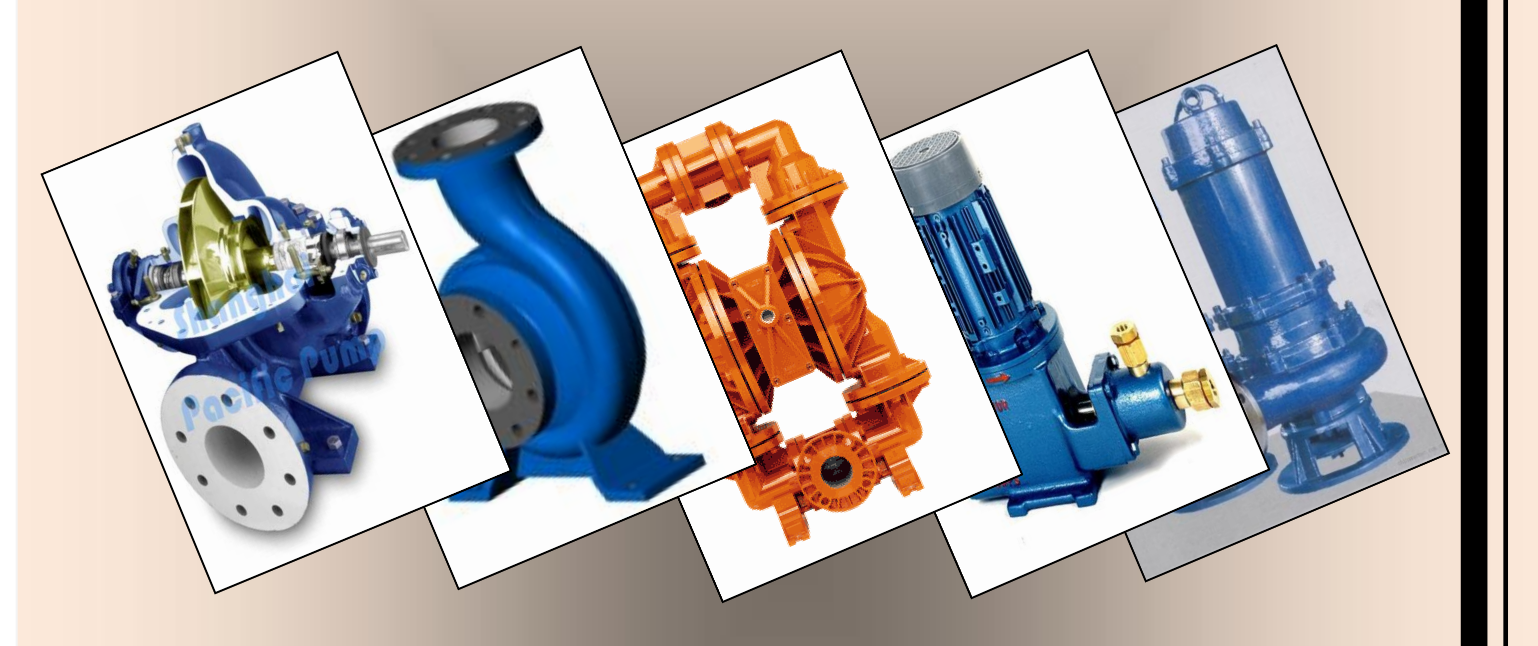


تكنولوجيا المضخات



PUMP TECHNOLOGY

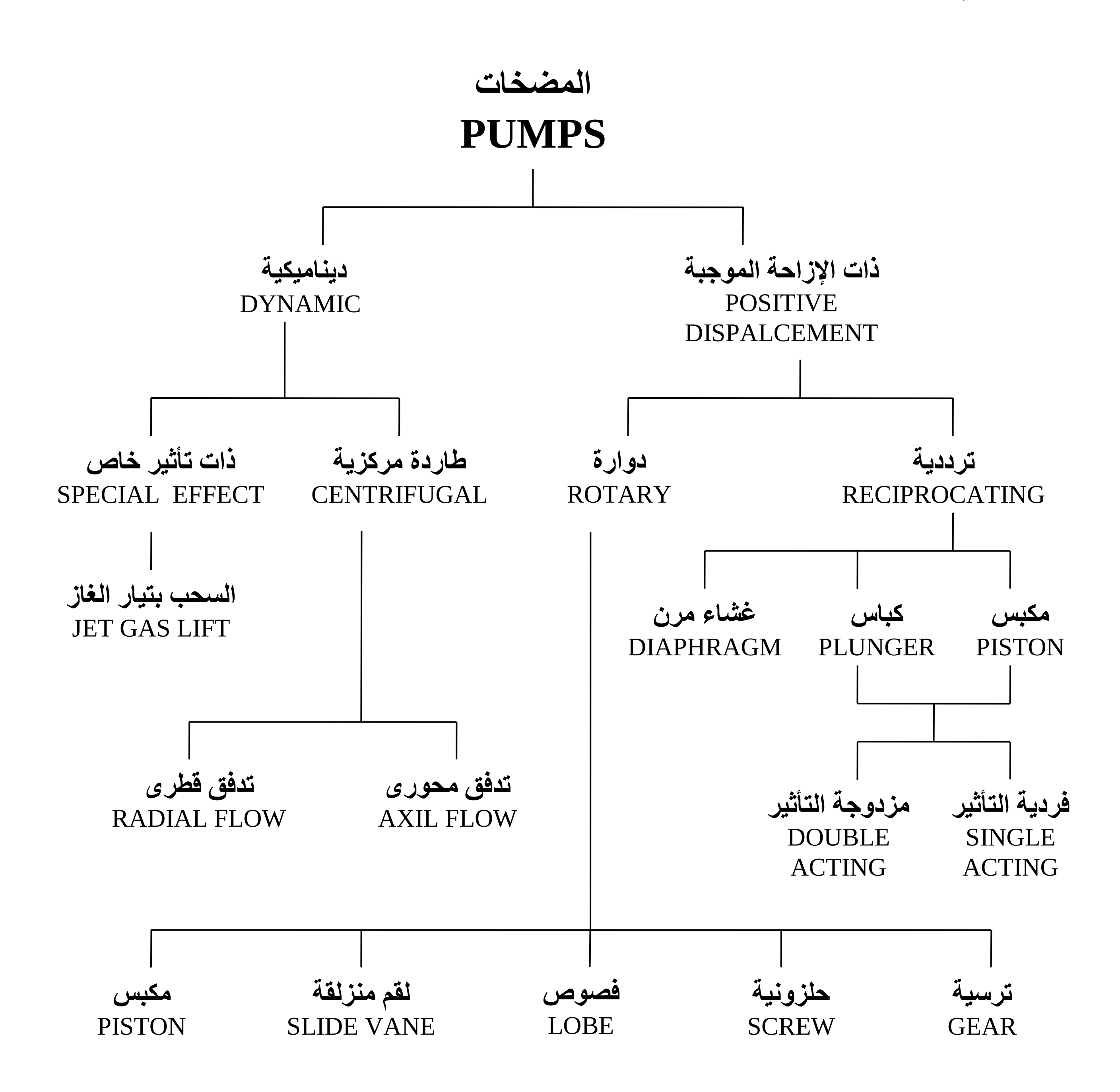
إعداد

المهندس / أحمد مصباح يوسف

الفهرس

الفصل الأول : مقدمة عن المضخات

تعتبـــر المضـــخة ثـــانى أكثـــر الآلات انتشـــارا بعـــد المحـــرك الكهربـــى و هـــى آلـــة ميكانيكيـــة تســـتخدم لزيـــادة الطاقـــة الهيدروليكيـــة و عـــادة تســـتخدم لرفـــع الســـوائل مـــن مســـتوى مـــنخفض إلـــى مســـتوى آخـــر أعلـــى مـــن مســـتوى الســـحب.و للمضـــخات أنـــواع كثيـــرة جـــداً لتنـــوع التطبيقـــات و الاســـتخدامات , و يمكـــن تقسيم المضخات كما فى المخطط التالى



رسم تخطيطى يبين أنواع المضخات

استخدامات المضخات

تدخل المضخات فى العديد من الصناعات و المجالات لتخدم الأنظمة التالية

1) شبكات المياه و الرى و الصرف الصحى
2) نقل البترول من مواقع الإنتاج لشركات التكرير
3) نقل المنتجات البترولية داخل شركات التكرير بين الوحدات
4) نقل المياه لأنظمة التبريد و أنظمة إنتاج البخار (الغلايات)
5) عمليات حقن الكيماويات اللازمة للمعالجة بكميات دقيقة محسوبة
6) توليد ضغوط عالية جداً للمياه لتستخدم فى عمليات تنظيف أنابيب المبادلات الحرارية على سبيل المثال

أنواع المضخات

تنقسم المضخات إلى نوعين رئيسيين هما

1- مضخات الضغط الديناميكى DYNAMIC PUMPS
2- المضخات الإيجابي POSITIVE PUMPS

والفرق الأساسى بين النوعين أن النوع الأول يمكن أن يعطى قيم مختلفة للتصرف بين الصفر و حد أقصى محدد مع دورانها بسرعة ثابتة وذلك باستخدام محبس على ماسورة الطرد بينما المضخات الإيجابية تعطى تصرف ثابت إذا دارت بسرعة ثابتة و على هذا إذا وضع محبس على ماسورة الطرد لمضخة ايجابية فإنه يكون عديم الفائدة إلا إنه إذا أغلق تماماً بطريق الخطأ فإنه يؤدى إلى احتراق موتور التشغيل أو إلى كسر أضعف جزء فى خط الأنابيب.

ويجب فهم هذا الفرق جيداً لأن مضخات الضغط الديناميكى يمكن أن تبدأ فى الدوران و خط الطرد مغلق تماماً ثم يتم فتحه تدريجياً بينما المضخات الإيجابية يجب أن تبدأ فى الدوران بينما خط الطرد مفتوح تماماً (وذلك فى حالة وجود محبس فى خط الطرد.)

مقارنة بين مضخات الضغط الديناميكى و المضخات الإيجابية

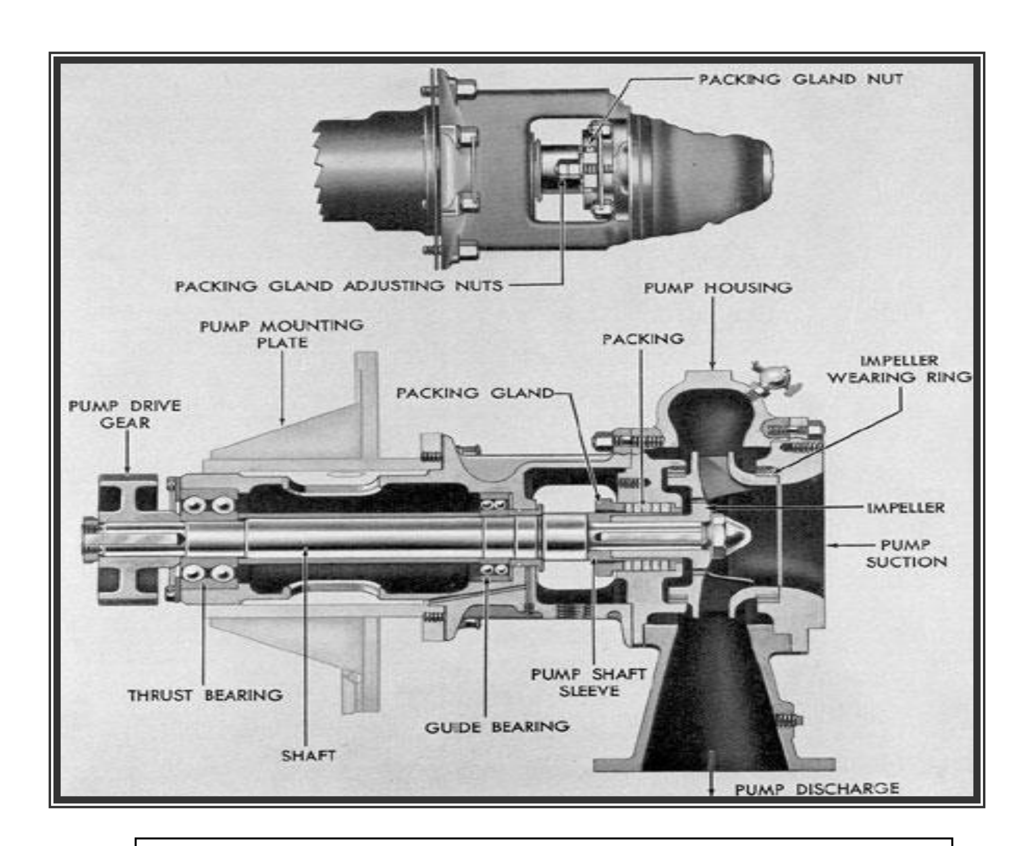
م	وجه المقارنة	مضخات الضغط الديناميكى DYNAMIC PUMPS	المضخات الإيجابية POSITIVE PUMPS
1	نظرية العمل	تعتمد نظرية عمل مضخات الضغط الديناميكى على أن المحرك يكسب مروحة المضخة طاقة سرعة فتقوم المروحة بإكساب السائل طاقة السرعة التى تتحول إلى ضغط عندما يمر السائل فى الناشر DIFFUSER الناشر الغلاف المروحة	تعتمد نظرية عمل المضخات الإيجابية على أنه لو قل حجم سائل ما لزاد ضغطة حجم V_1 ضغط P_1 حجم V_2 ضغط P_2 $V_2 < V_1$ $P_2 > P_1$
2	أهم الأنواع	1- المضخة الطاردة المركزية 2- المضخة المروحية	1- المضخة الترددية (مكبسيه) RECIPROCATING 2- المضخة الترسية GEAR 3- المضخة الحلزونية SCREW 4- المضخة ذات اللقم VANE 5- المضخة ذات الفصوص LOBE
3	السرعة	عالية	منخفضة
4	التصرف	عالية ـ متوسطة	منخفضة
5	الضغط	متوسط ـ منخفض	عالية
6	الصيانة	غير مكلفة	مكلفة جداً

1- مضخات الضغط الديناميكى

هى أكثر الأنواع شيوعاً و يمكن استخدامها مع معظم السوائل . و تقسم إلى مضخات طاردة مركزية و مضخات مروحية و فى النوع الأول يكون السريان فى اتجاه نصف قطرى أى من المركز إلى الخارج بينما فى النوع الثانى يكون السريان فى اتجاه محور المضخة. ويلاحظ أن التصرف يزداد فى المضخات المروحية عنها فى الطاردة المركزية بينما يزيد الضغط الناتج فى المضخات الطاردة المركزية عنها فى المحورية.

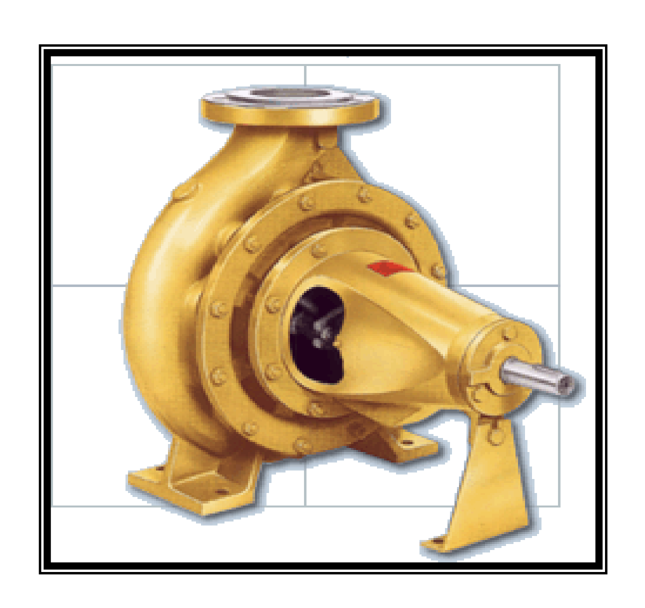
المضخات الطاردة المركزية CENTRIFUGAL PUMPS

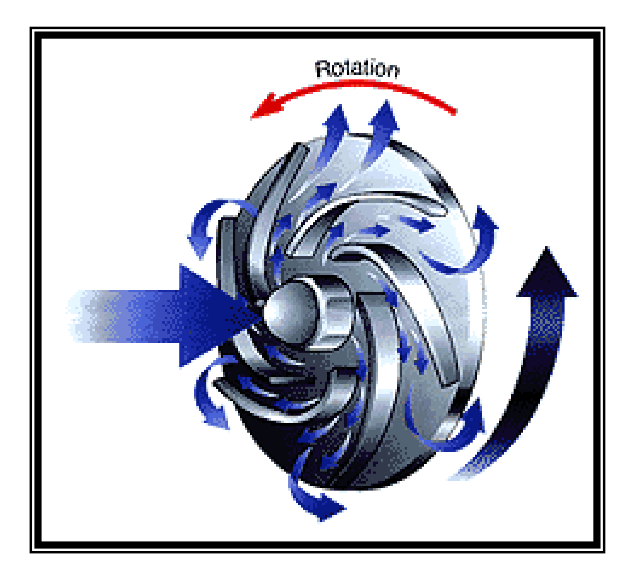
تتكون المضخة الطاردة المركزية من أجزاء رئيسية كما موضحة بالشكل التالى و هى.



مضخة طاردة مركزية *Centrifugal Pump*

PACKING	الحشو	PUMP CASING	الغلاف
PACKING GLAND	جلاند الحشو	IMPELLER	المروحة
WEARING RING	حلقة تآكل المروحة	SHAFT	العمود
SUCTION	فتحة السحب	BEARING	الكراسى





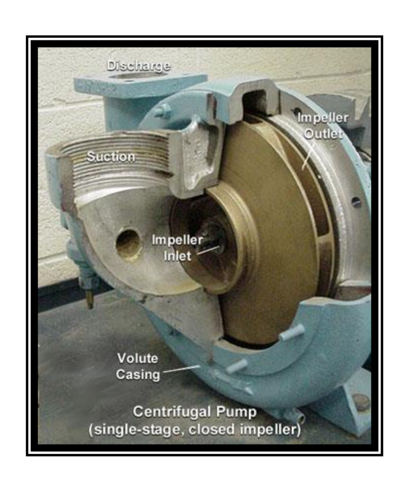
حيث أن المضخة الطاردة المركزية يمكن أن تعطى قيم مختلفة للتصرف بين صفر و حد أقصى معين فإنه من المعتاد أن تعطى الشركات المنتجة للمضخات مجموعة من المنحنيات فى كتالوجات المضخات تسمى منحنيات الأداء (PERFORMANCE CURVES) و هى تمثل العلاقة بين التصرف و باقى المتغيرات الخاصة بالمضخة مثل الضغط و الكفاءة و القدرة المستهلكة.

والمضخات الطارة المركزية يمكن أن تكون مرحلة واحدة (SINGLE STAGE PUMP) أو متعددة المراحل (MULTI STAGE PUMP) وفى المضخة المتعددة المراحل تعطى كل مرحلة ضغط محدد وبالتالى يكون الضغط الناتج من جميع المراحل يساوى تقريباً ضغط المرحلة الواحدة مضروباً فى عدد المراحل وتختلف قيم الكفاءة للمضخات جيدة التصميم بين 70٪ و90٪ للمضخات ذات المرحلة الواحدة الجديدة أما المضخات القديمة فيمكن اعتبارها بين 55٪ إلى 75٪ وللمضخات متعددة المراحل تقل الكفاءة بمقدار يتراوح بين 2 و 3٪ عن المضخات ذات المرحلة الواحدة.

1) حسب فتحة سحب المروحة

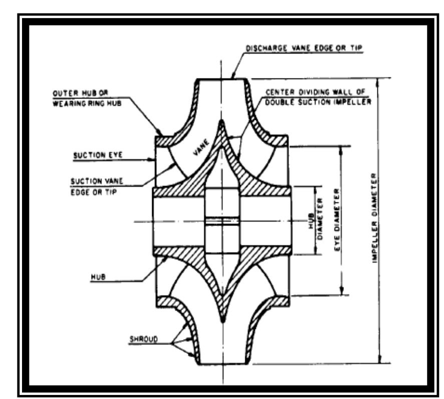
ويطلق ذلك علي المروحة فتسمى المضخة (مفردة السحب) إذا كان السائل يدخل لها من ناحية واحدة فقط , أما إذا كان السائل يدخل لها من الناحيتان فتسمي المروحة **(ثنائية السحب)**

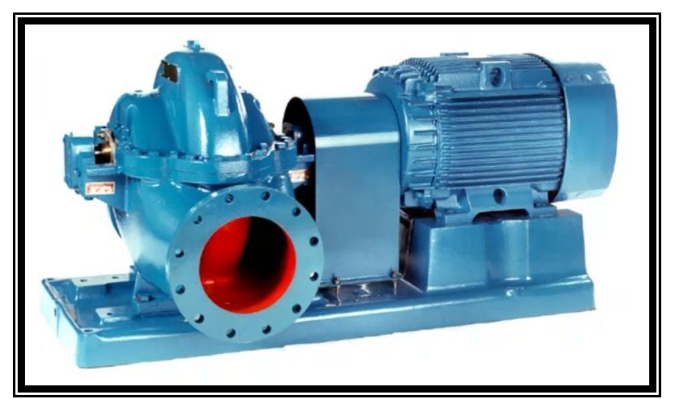




مضخات مفردة السحب



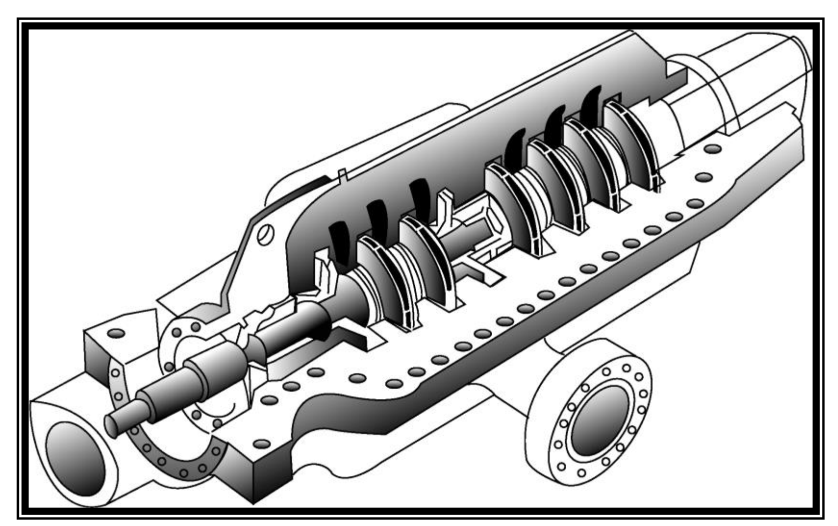




مضخات ثنائية السحب

حسب عدد المراحل

المضخة الطاردة المركزية أما تكون (مفردة المرحلة) , أي لها مروحة واحدة , أو (متعددة المراحل) فلها مروحتان أو أكثر في (غلاف) واحد , ويتم ترتيب المراوح حتى يكون طرد المروحة الأولى (المرحلة الأولى) هى سحب المروحة الثانية (المرحلة الثانية) أو التي تليها وهكذا ,



مضخة متعددة المراحل

2) حسب أنواع الغلاف

الغلاف المصمت SOLID CASING

تطلق كلمة الغلاف المصمت على جسم المضخة التى يكون مسار السائل المندفع خلال المروحة و حتى فتحة الطرد يمر فى جسم واحد ويكون هذا النوع فى المضخات الطاردة المركزية ذات المرحلة الواحدة

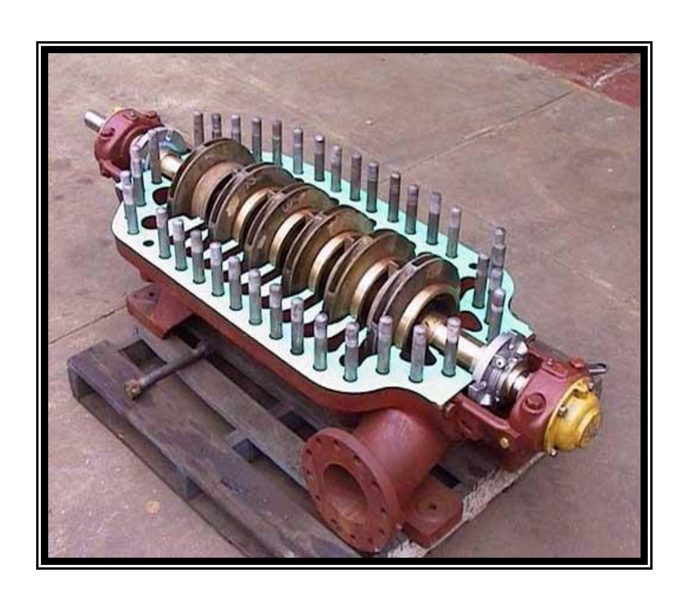


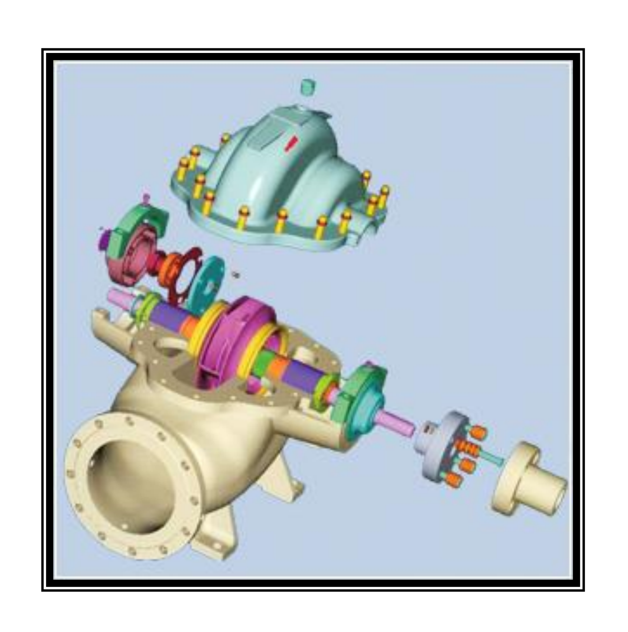


الغلاف المشقوق أفقيا HORIZONTAL SPLIT CASING

مضخات ذات غلاف مصمت

يلاحظ أن كلا من فتحتي السحب و الطرد في النصف السفلي , ويجري الكشف عليها ببساطة وذلك عن طريق خلع النصف العلوي ورفع الأجزاء الدوارة دون اعتراض الفتحات أو المواسير أو جسم المضخة , وينتشر هذا الطراز عموما بين أنواع المضخات مزدوجة الشفط أو متعددة مراحل.





مضخة ذات غلاف مشقوق أفقيا

الغلاف البرميلى BARELL CASING

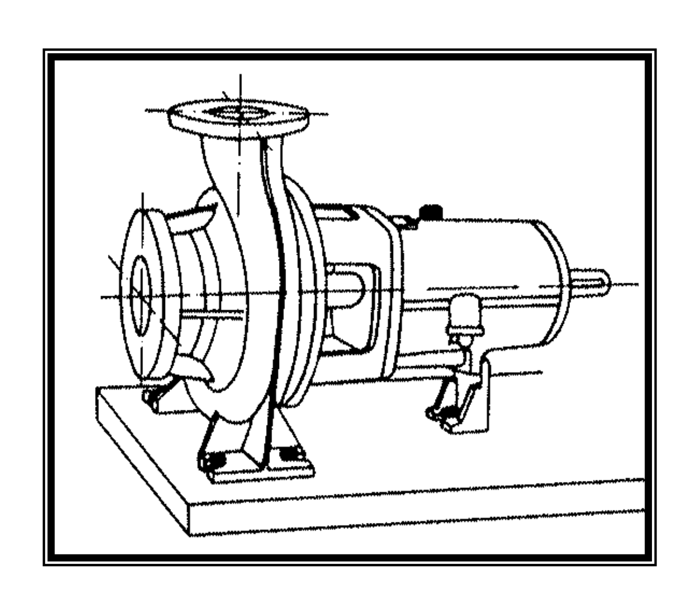
وهذا الطراز مصمم لتداول الزيوت مرتفعة درجة الحرارة , وعمليات تقطير البترول ذات المراحل المتعددة , ونجد أن الغلاف عبارة عن برميل أسطواني من الفولاذ وسمكة كبير , بينما تكون ممرات السائل بين المراحل المتعددة عن طريق مجري الحلقات المجمعة بالأسطوانة , وتكون فتحات السحب و الطرد أعلي الاسطوانة في طرفين متعاكسين , ومن الممكن أن يكون بالغلاف ممرات الماء للتبريد إذا كانت المضخة تقوم بتداول سوائل ذات درجات حرارة عاليه , وقد يكون الغلاف مزدوجا لحماية عامل التشغيل عند تداول كيماويات مركزة قوية , ومن أمثلة ذلك نجد مضخة مزدوجة الغلاف تستخدم لمداولة الصودا الكاوية , ويكون لها الغلاف داخلي من النيكل الخالص الغلاف خارجي من الحديد الزهر .



المضخة ذات الغلاف البرميلى

3) حسب وضع عمود الإدارة

تصمم بعض المضخات بحيث يكون عمود الإدارة رأسياً و تسمى المضخة فى هذه الحالة مضخة راسية VERTICAL PUMP و بعض المضخات يكون عمود الإدارة أفقياً و تسمى المضخة فى هذه الحالة مضخة أفقية HORIZONTAL PUMP



مضخة أفقية



مضخة راسية

2- المضخات الضغط الإيجابى POSITIVE DISPACEMENT PUMPS

المضخات الإيجابية عبارة عن حجم معين يملأ و يفرغ عدد من المرات حسب سرعة دوران المضخة لذلك فإن جميع المضخات الإيجابية تعطى تصرف ثابت عند سرعة ثابتة.

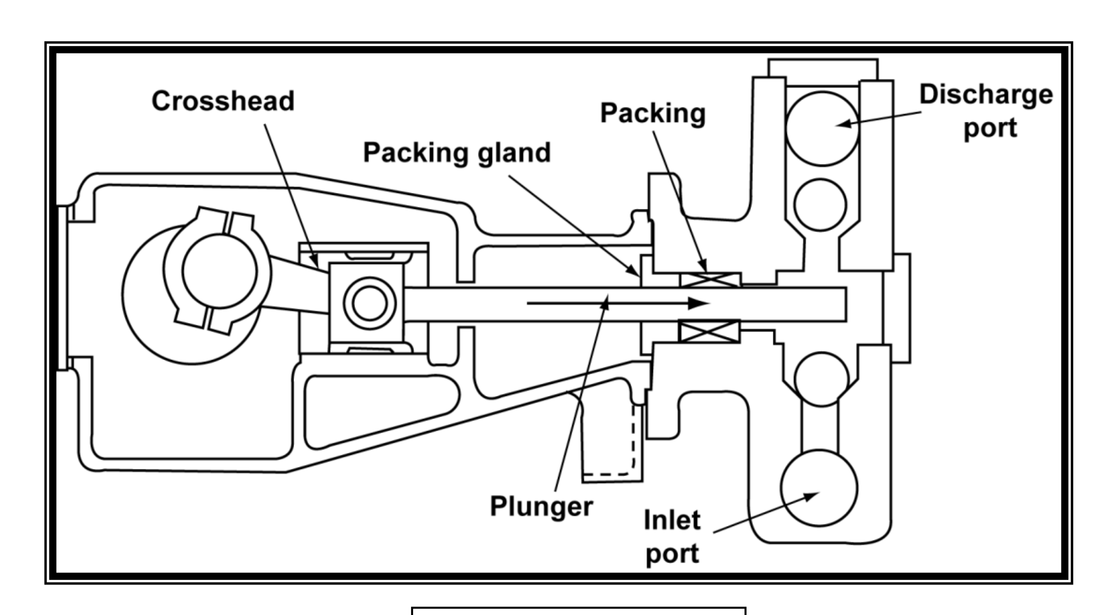
وتتميز المضخات الإيجابية عن مضخات الضغط الديناميكى أن

1) ضغطها عالى جداً و لكن تصرفها أقل بكثير من مضخات الضغط الديناميكى.
2) تعطى قيم تصرف ثابتة بالنسبة للزمن لذلك تستخدم فى حقن الكيماويات.
3) يمكن لها نقل السوائل شديدة اللزوجة كما فى المضخات الحلزونية
4) تعطى ضغوط عالية جداً كما فى المضخة المكبسية PLUNGER PUMP لتستخدم فى دوائر الهيدروليكية كما فى الأوناش

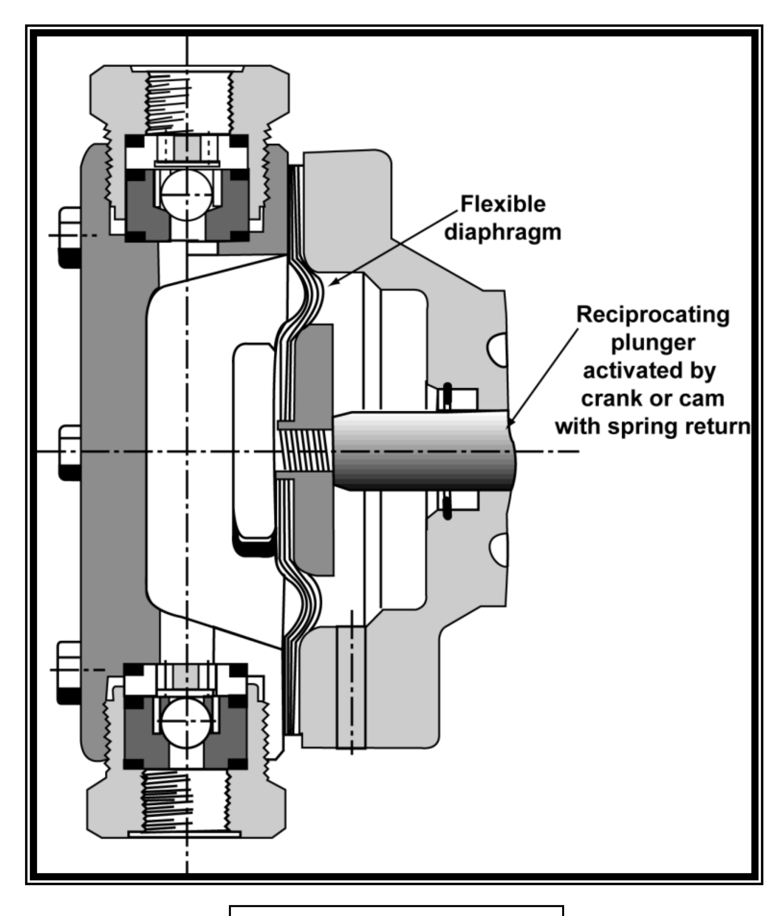
وللمضخات الإيجابية قسمين رئيسيين

- مضخات ذات حركة ترددية RECIPROCATING PUMPS

وهى مضخات تعتمد على الحركة الترددية فى السحب و الطرد و ذلك عن طريق مكبس كما فى المضخات المكبسية أو غشاء مرن كما فى المضخات الغشائية



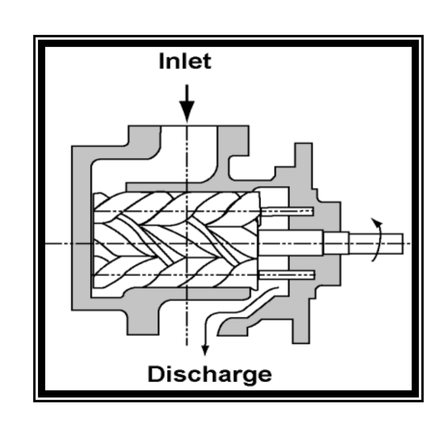
مضخة ترددية



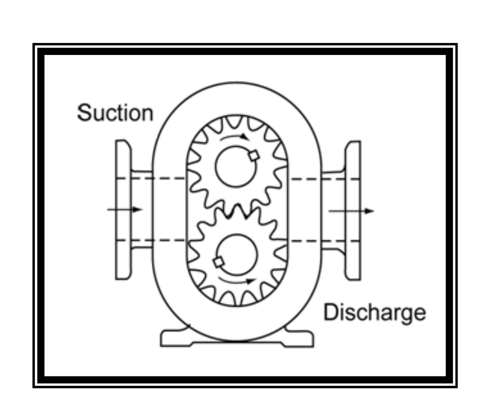
مضخة غشائية

- **مضخات ذات حركة دورانية** ROTARY PUMPS

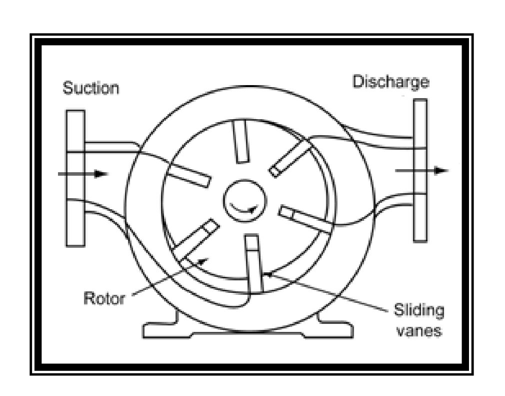
وهى مضخات تعتمد على الحركة الدورانية فى سحب السائل إلى حجم داخل المضخة ويتناقص هذا الحجم مع دوران الجزء الدوار داخل المضخة حتى يتم طرد السائل فى خط الطرد بضغط أعلى من السحب مثل المضخة الترسية و المضخة ذات اللقم المنزلقة و المضخة الحلزونية



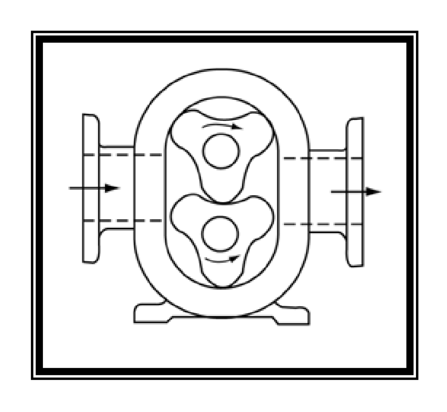
مضخة حلزونية



مضخة ترسية



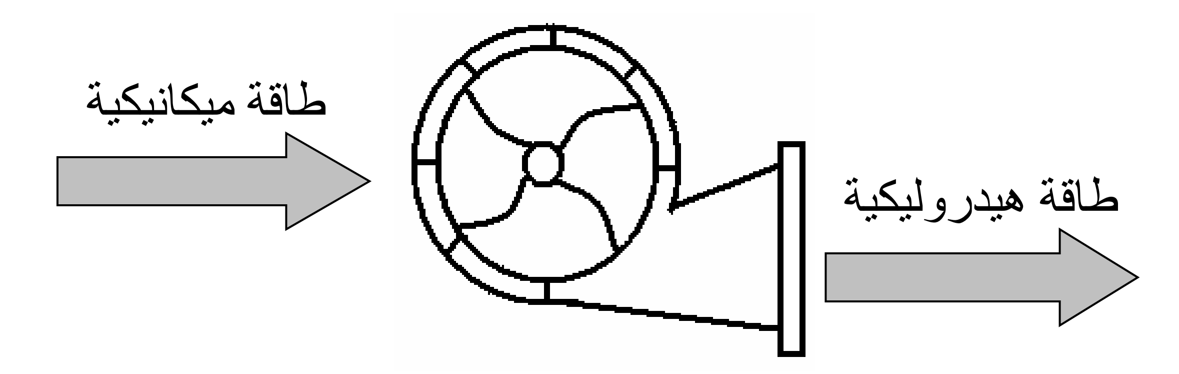
مضخة ذات لقم منزلقة




مضخة ذات الفصوص

القدرة اللازمة لإدارة المضخة

بالنظر للمضخة على إنها ماكينة تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة هيدروليكية كما فى الشكل فإن كفاءة عمل المضخة (EFFECIENCY) تعرف بأنها النسبة بين القدرة الناتجة (OUTPUT POWER)إلى القدرة الداخلة (INPUT POWER)



$$\text{Efficiency} = \eta = (\text{Hydraulic Power}) / (\text{Mechanical Power})$$

$$\text{Efficiency} = \eta = (PQ / \text{Constant}) / (\text{Mechanical Power})$$

$$(\text{Mechanical Power}) = PQ / (\eta \times \text{Constant})$$

و حيث أن الضغط (P) يمكن التعبير عنه على الصورة $P = \gamma h$ حيث γ الوزن النوعى للسائل و (h) طول عمود السائل (الضاغط)

$$(\text{Mechanical Power}) = (\gamma Q h) / (\eta \times \text{Constant})$$

حيث أن (Q) هى كمية التصرف (السريان)

و لحساب القدرة الميكانيكية المطلوبة لإدارة المضخة بالحصان نستخدم الوحدات الآتية

$$(\text{Mechanical Horse Power}) = [\gamma\ (Kg/m^3)\ Q\ (m^3/s)\ h\ (mt)]/\ [\eta \times\ 75]$$

Mechanical Horse Power	القدرة الميكانيكية بالحصان
γ (Kg/m3)	الوزن النوعى بالكيلو جرام لكل متر مكعب
Q (m3/s)	كمية التصرف بالمتر المكعب لكل ثانية
h (mt)	ارتفاع عمود السائل
η	كفاءة عمل المضخة
P (bar)	الضغط المطلوب من المضخة

ومن المعادلة السابقة يتضح أنه لحساب القدرة الميكانيكية المطلوبة لإدارة المضخة يجب معرفة قيمة التصرف و الضغط المطلوبين من المضخة و كذلك كفاءة عمل المضخة

<u>كيفية إدارة المضخات</u>

هناك طرق عديدة لإدارة المضخات و هى كالتالى

1) المحرك الكهربائى
2) التربينات البخارية
3) محركات الاحتراق الداخلى (ديزل – غاز – جازولين)
4) التربينات الغازية

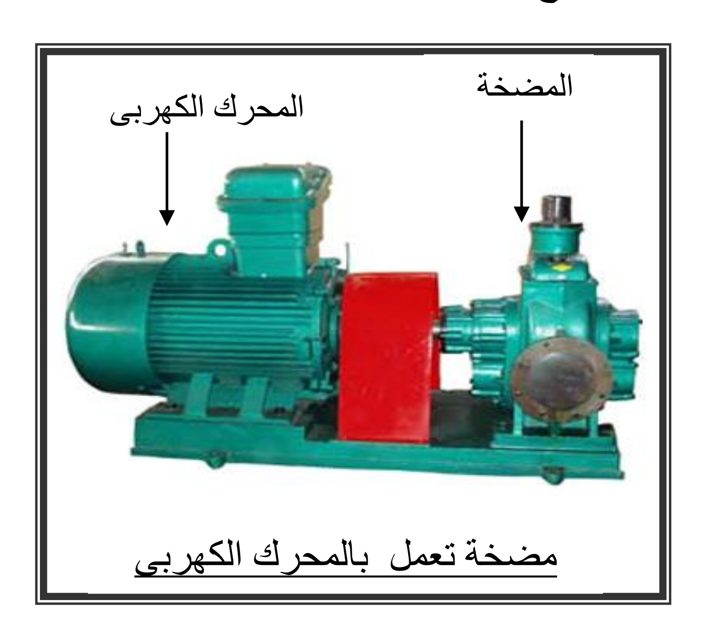
1- المحرل الكهربائى

للمحرك الكهربى نوعين رئيسيين هما المحرك ذو التيار المتردد و محرك ذو التيار المستمر و نظرية عمل الاثنان هو تحويل الطاقة الكهربية إلى طاقه ميكانيكية و ذلك عن طريق توليد

مجال كهرومغناطيسى بين ملفات الجزء الثابت من الموتور و الجزء الدوار وذلك بعد توصيلهم بالكهرباء

المحرك الكهربى ذو التيار المستمر دائما ما يتميز بصغر الحجم لذلك يكون موجود فى المضخات الموجودة فى المركبات لتدوير مضخات الوقود – زيت التزييت – مياه التبريد

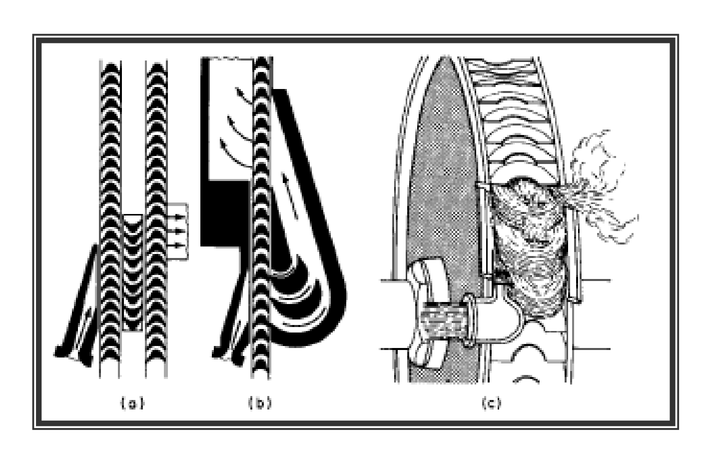
أما المحرك الكهربى ذو التيار المتردد هو الأكثر شيوعاً فى كافة أنواع المضخات و ذلك لتنوع أشكاله و أنواعه و تنوع القدرة الميكانيكية المتولدة منه



مضخة تعمل بالمحرك الكهربى

2- التربينات البخارية

التربينة البخارية عبارة عن محرك يقوم بتحويل الطاقة الحرارية المجودة فى البخار إلى طاقة ميكانيكية متمثلة فى دوران العمود الخاص بالتربينة بعد تسليط البخار على ريش مراوح التربينة



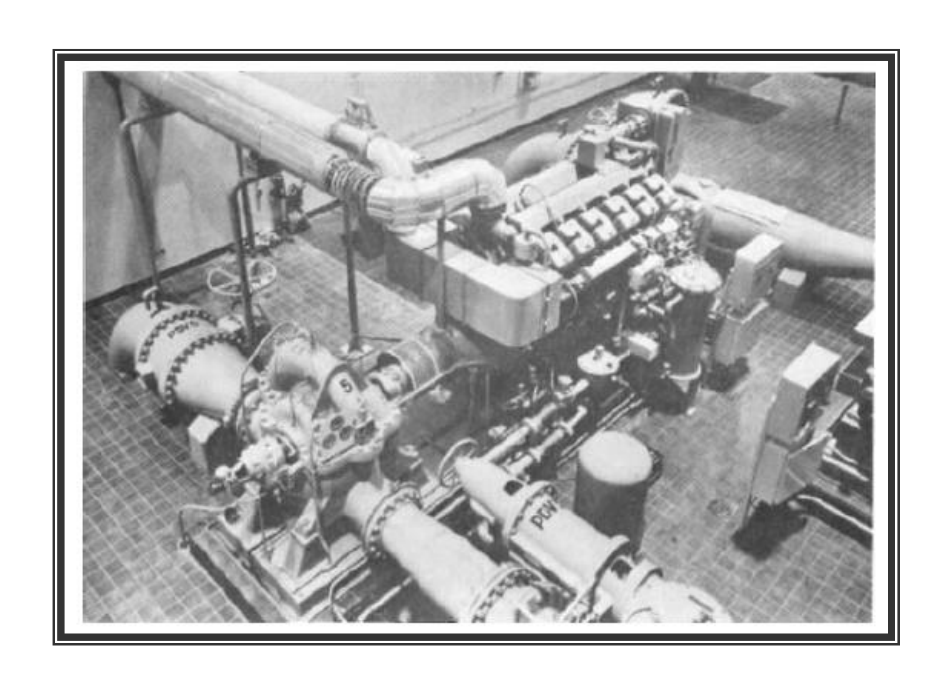
قد تستخدم التربينات البخارية لإنتاج القدرة الميكانيكية اللازمة لإدارة المضخات حين يكون مصدر البخار متوفراً للأسباب الآتية

1) تمتاز التربينات البخارية بكفاءتها العالية مقارنة بالمحرك الديزل و الغازى و الجازولين وهى أعلى كفاءة أيضاً من التربينات الغازية
2) إدارة المضخات ذات الأهمية القصوى فى شركات تكرير البترول و ذلك لضمان عدم التوقف المفاجئ للمضخة نتيجة أى عطل مفاجئ للتيار الكهربى وغالباً ما تكون هذه المضخات عبارة عن زوج من المضخات إحداها يقاد بمحرك كهربائى و الأخرى تقودها تربينه بخارية على أن تكون المضخة الرئيسية هى التى تعمل بالمحرك الكهربائى و المضخة الاحتياطية التى تدار بالتربينة البخارية.
3) التنوع الواسع فى السرعات التى من الممكن الحصول عليها من التربينة البخارية وذلك عن طريق التحكم فى كمية البخار الداخلة للتربينة و ذلك عن طريق حاكم البخار (STEAM TURBINE GOVERNER) أو عن طريق صمام تحكم منفصل أو عن طريق محبس على خط أنبوب البخار نفسه
4) استعمال البخار بدلاً من الكهرباء أتاح تواجد المضخات التى تدار بالبخار ممكن فى الأماكن المحظور فيها ظهور أى شرر كهربى أو تحمل تكاليف عزل إضافية للمحرك الكهربى
5) يمكن للتربينات البخارية أن تدير كافة أنواع المضخات
6) سهولة التركيب و الصيانة و قلة مشاكل الاهتزازات

3- <u>محركات الإحتراق الداخلى (ديزل – غاز – جازولين)</u>

عندما يتوافر الوقود فإنه تستخدم محركات الاحتراق الداخلى فى إدارة المضخات و ذلك فى التطبيقات الآتية

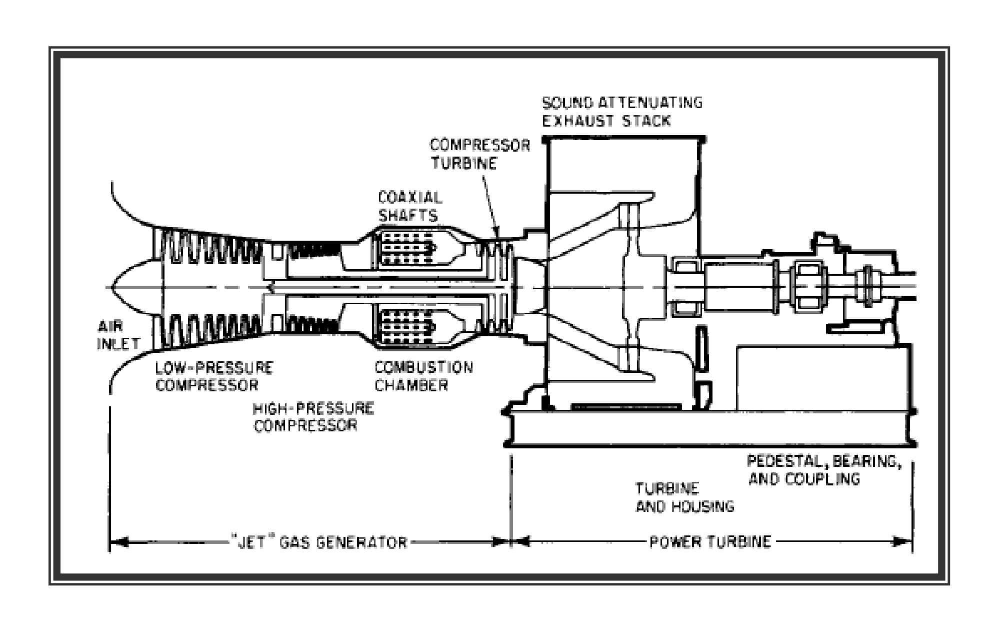
1) أعمال الرى
2) مضخات مكافحة الحريق
3) مضخات الضغط العالى اللازمة لتنظيف أنابيب المبادلات الحرارية
4) المضخات الكبيرة التى تحتاج لقدرة ميكانيكية عالية



مضخة عملاقة تعمل بمحرك إحتراق داخلى يعمل بالغاز

4- التربينات الغازية

وهى آله تقوم بسحب كميات كبيرة جدا من الهواء الجوى بواسطة ضاغط محورى متعدد المراحل AXIAL FLOW COMPRESSOR يخلط هذا الهواء المضغوط مع الغاز فى غرفة الإحتراق COMBUSTION CHAMBER ليتم الحريق وينتج عنه غازات بها طاقه عالية جداً وذلك لارتفاع درجة حرارتها و ضغطها و تتجه هذه الغازات إلى التربينة لتحركها بسرعة عالية و مكسباً التربينة قدرة ميكانيكية عالية جداً



تربينه غازية

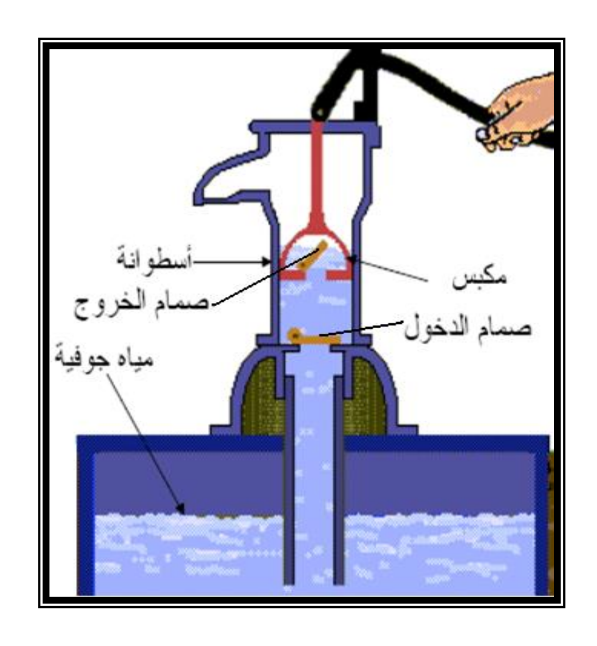
و تتميز التربينات الغازية بتنوع قدراتها وسرعاتها لإدارة المضخات فى التطبيقات الآتية

1) لضخ خام البترول فى الأنابيب من مواقع الإنتاج للموانى أو التخزين أو التكرير وذلك لسهولة تركيبها وتنوع سرعاتها و بالتالى تنوع الضغط و التصرف الناتج عنها

2) محطات ضخ الماء فى آبار البترول WATER FLOOD

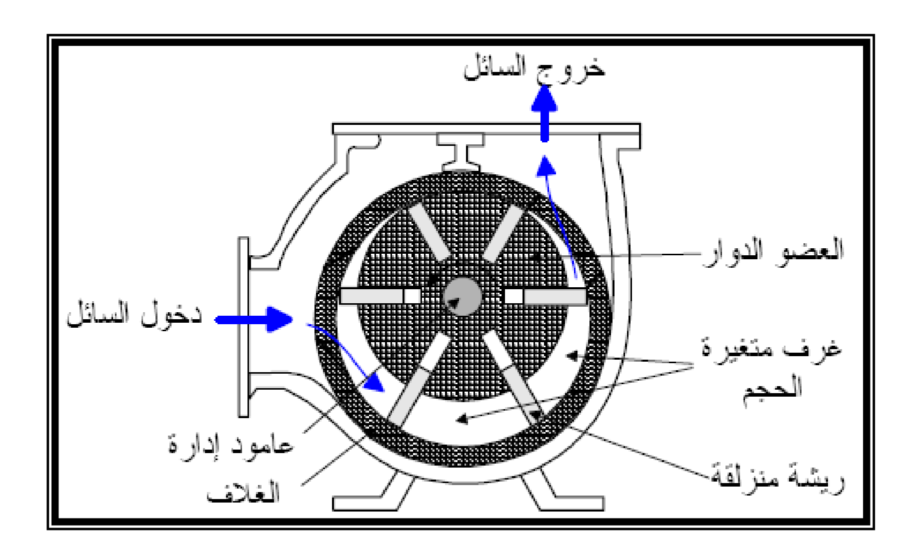
المضخات اليدوية

المضخات اليدوية من أقدم المضخات التى استخدمها الإنسان وبخاصة لرفع المياه الجوفية من الآبار وهى عبارة عن مضخة ترددية و مازال هذا النوع يستخدم حتى الآن أما التطبيقات الحديثة للمضخات اليدوية فهى المضخات المحمولة PORTABLE PUMPS التى تستعمل فى سحب السوائل و الكيماويات و الزيوت من البراميل DRUMS و هى مضخات من نوع المضخات الدورانية ROTARY PUMPS كالمضخة الترسية و المضخة ذات الريشة المنزلقة أو المضخة ذات اللقم





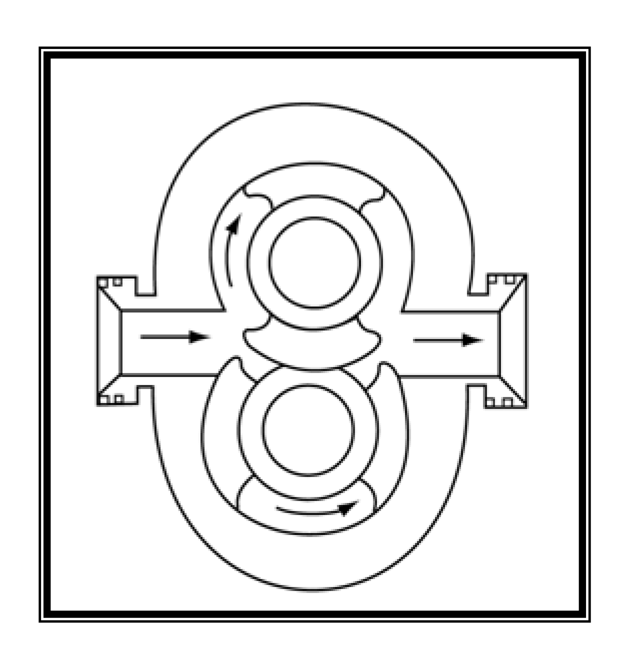
مضخة ترددية يدوية

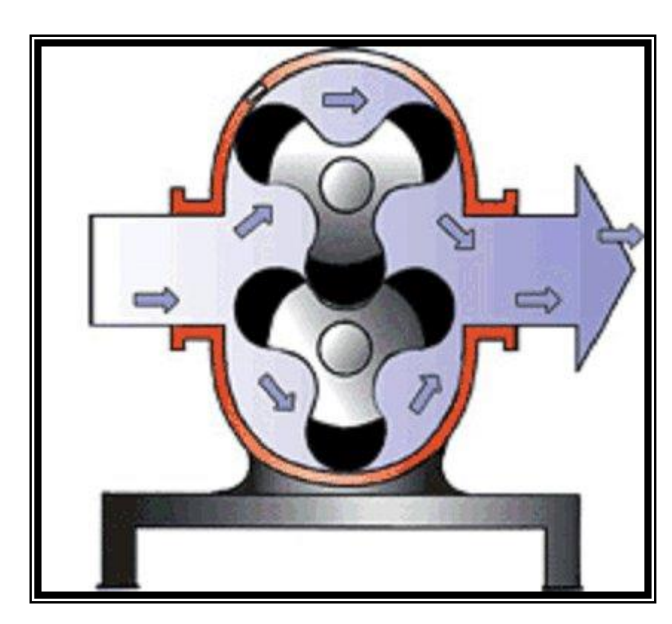




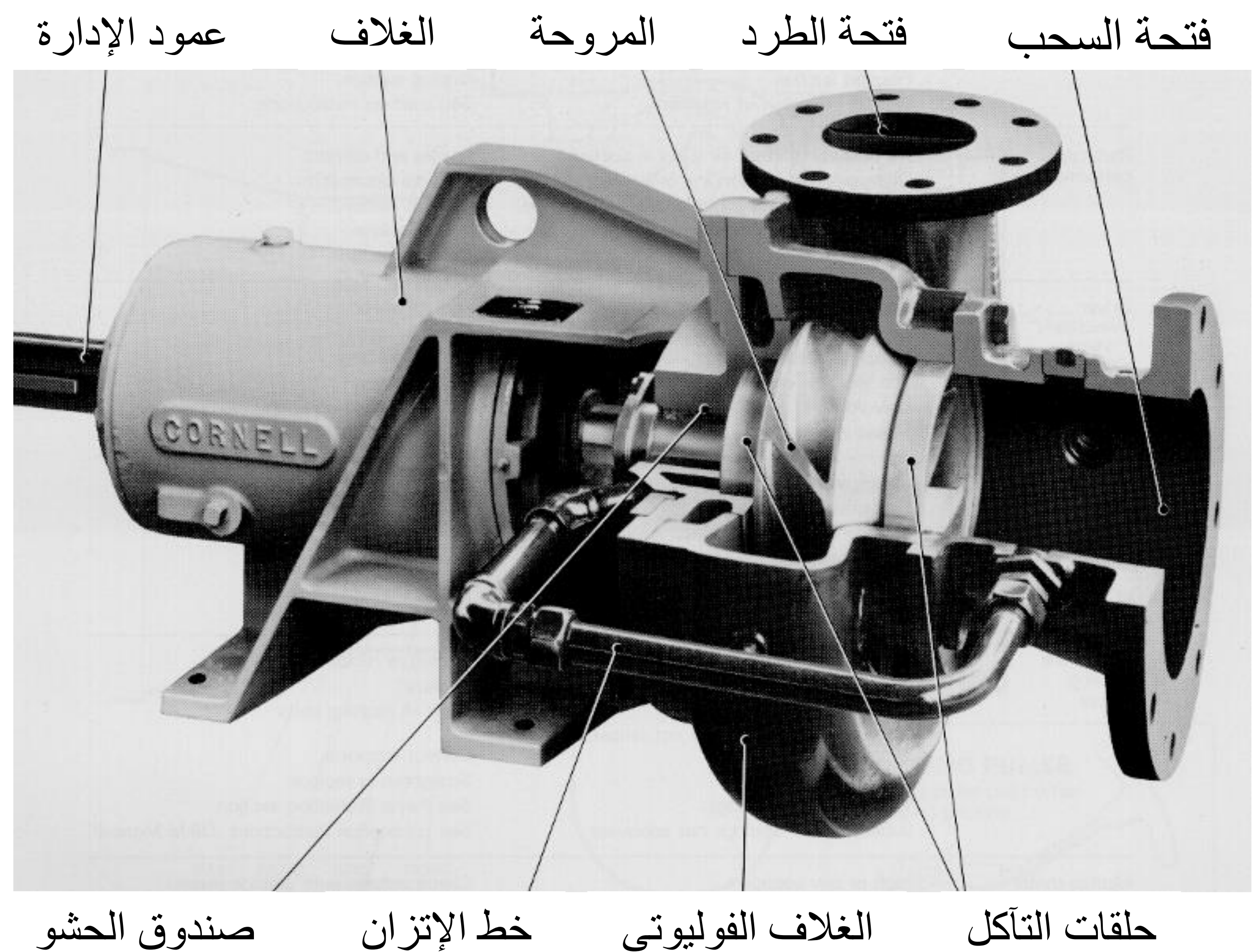
مضخة ذات ريش منزلقة

PORTABLE PUMP





الفصل الثانى : أجزاء المضخة الطردة المركزية



تتكون المضخة الطاردة المركزية من أجزاء رئيسية ثابتة و دوارة

<u>الأجزاء الثابتة هى</u>

أ- الغلاف CASING

ب- فتحات السحب و الطرد SUCTION NOZZLE & DISCHARGE NOZZLE

ت- مانع التسرب أو صندوق الحشو STUFFING BOX

<u>الأجزاء الدوارة هى</u>

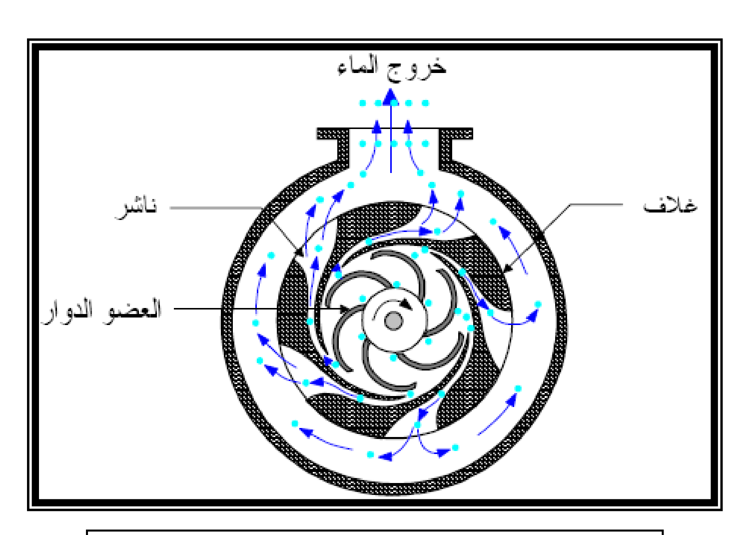
أ- المروحة IMPELLER

ب- العمود SHAFT

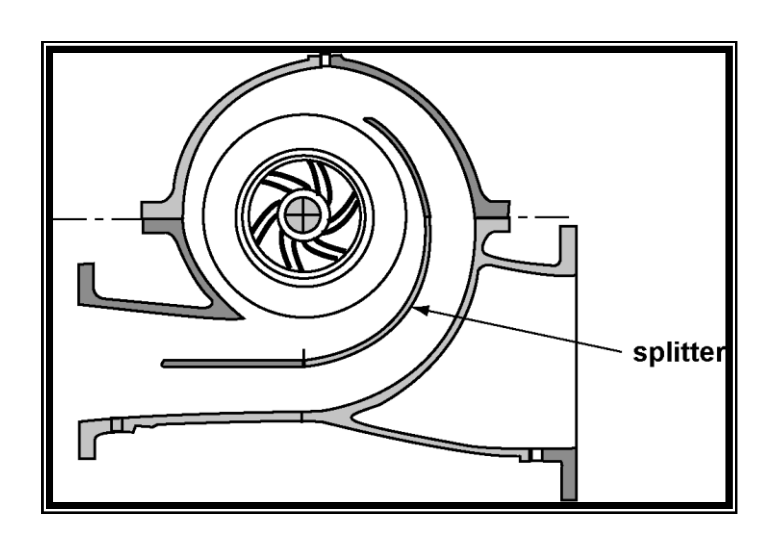
ت- كراسى التحميل (رولمان البلى) BEARING

1- الغلاف CASING

يسمى الجزء المحيط بالمروحة غلاف المضخة و وظيفته الرئيسية هى تحويل طاقة سرعة السائل إلى ضغط و ذلك باستقبال السائل الخارج من المروحة بسرعة من مساحة ضيقة إلى مساحة أوسع داخل غلاف دائرى متزايد المقطع يسمى بالشكل الفليوتى VOLUTE CASING أو باستخدام الغلاف ذو الريش الثابتة DIFFUSER CASING و هو عبارة عن غلاف داخله ريش ثابتة أشبه بريش المروحة مثبتة قطرياً حول المروحة و تستخدم لخمد سرعة السائل و تحويل طاقة السرعة إلى ضغط و نادراً ما تستخدم فى المضخات ذات المرحلة الواحدة بينما تستخدم فى المضخات ذات المراحل المتعددة



مضخة ذات الغلاف به ريش ثابتة

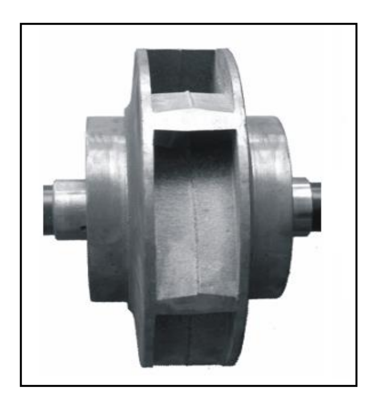


مضخة ذات الغلاف الفوليوتى

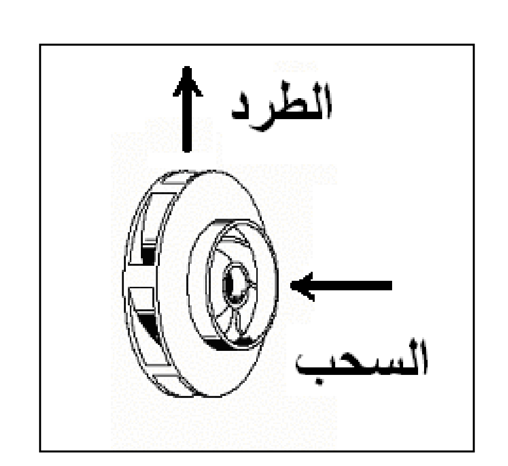
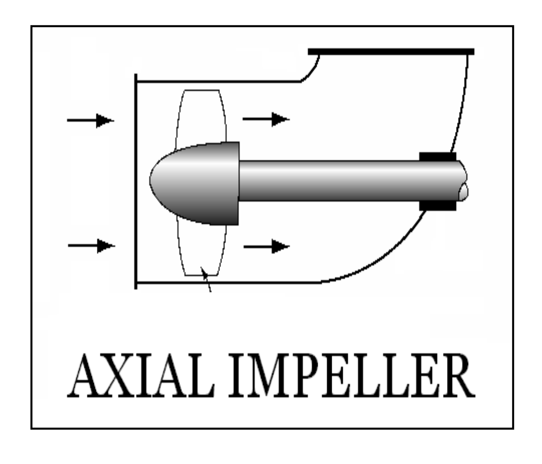
2- المروحة IMPELLER

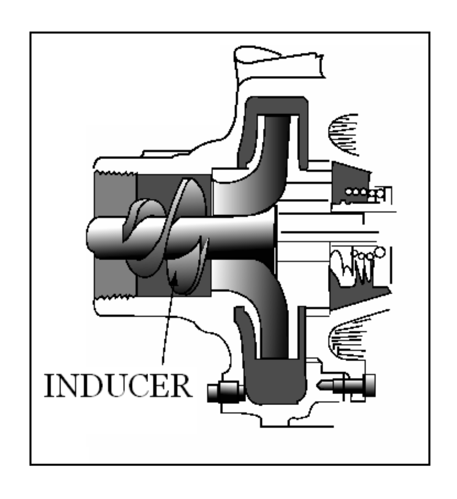
تعتبر المروحة هى الجزء الفعال فى المضخة التى تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة سرعة وللمروحة أشكالاً متعددة يمكن تقسيمها حسب الآتى.

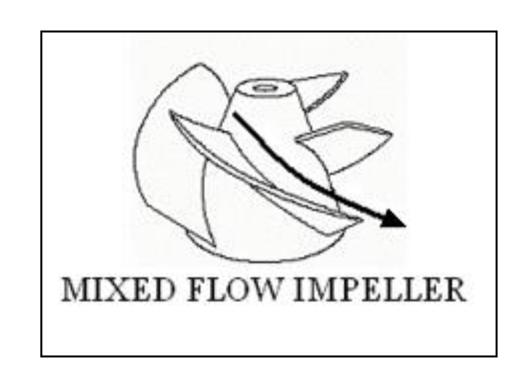
1- بالنسبة لسحب المروحة	
1- مراوح ذات سحب فردى SINGLE SUCTION IMPELLER	2- مراوح ذات سحب زوجى DOUPLE SUCTION IMPELLER
يدخل السائل فى هذه المراوح من أحد جانبى المروحة و لذلك تكون القوى الهيدروليكية المؤثرة عليه غير متزنة	يدخل السائل فى هذه المراوح من كلتا جانبى المروحة و لذلك تكون القوى الهيدروليكية المؤثرة عليه متزنة
دخول الماء	دخول الماء دخول الماء

2- بالنسبة للسريان خلال المروحة

1 - مراوح ذات الريش القطرية RADIAL VANE IMPELLER	2 - مراوح ذات التدفق المحورى AXIAL FLOW IMPELLER
و فيها يمر السائل من مركز المروحة متجه نحو أحد أقطار المضخة	فى هذه المراوح يكون اتجاه تدفق السائل موازياً لمحور دوران المضخة
 	
3 - مراوح ذات تدفق محورى MIXED FLOW IMPELLER	4 - مراوح ذات شفاط INDUCER
تصمم ريش هذه المراوح حتى يكون تدفق السائل مشترك بين القطرى و المحورى	و هى عبارة عن عدد بسيط من الريش الملفوفة فى مقدمة المروحة لتوجيه السائل و تهيئته للدخول بسرعة كبيرة إلى المروحة





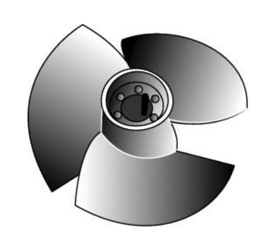
1- بالنسبة لشكل المروحة

1- المروحة المفتوحة

OPEN IMPELLER

وهى عبارة عن صرة يتفرع منها الريش و يعيب هذا النوع ضعف البناء التركيبى للمروحة و سرعة تآكله و تتميز بالتصرف العالى





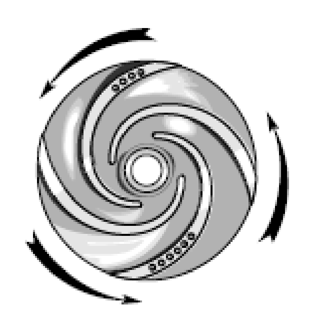


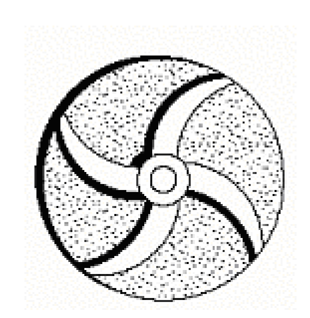
1- مروحة نصف مفتوحة

SEMI OPEN (SEMI SHROUDED) IMPELLER

وهى مروحة مفتوحة تم تغطية أحد أجنابها بجدار دائرى

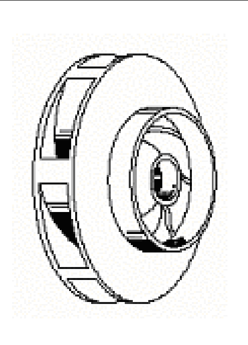
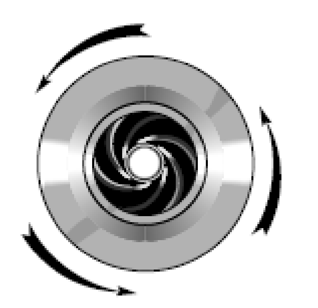






1- مروحة مغلقة

CLOSED (SHROUDED) IMPELLER

وتحتوى هذه المروحة على جدارين دائريين يحيطان بالريش يمنعان السائل من العودة مرة أخرى لفتحة السحب
  

3- حلقات الاحتكاك WEARING RING

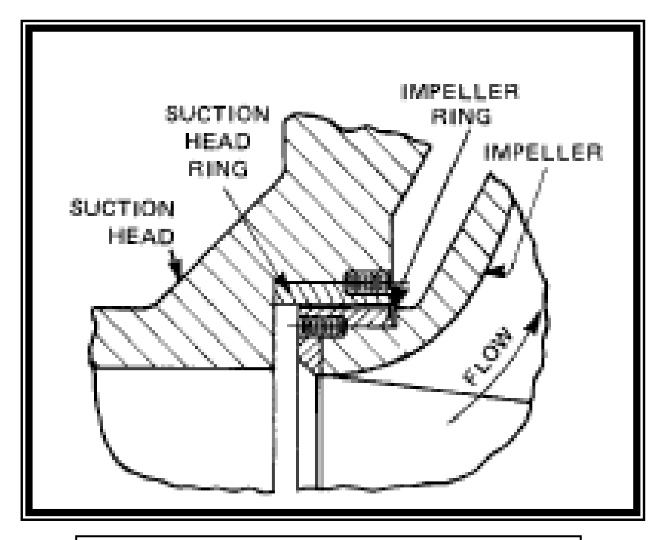
عندما تقوم المروحة بسحب السائل من جهة السحب ثم تطرده إلى جهة الطرد بضغط أعلى ليصبح بذلك غلاف المضخة به سائل ذو ضغط منخفض عند السحب المروحة و نفس السائل بضغط أعلى عند طرد المروحة ونتيجة فرق الضغوط يحاول السائل الالتفاف حول المروحة من ناحية الخلوص الذى يفصل حافة سحب المروحة عن الغلاف ليدخل مرة أخرى مع السائل من سحب المروحة و هكذا مكونا بهذا حاله من الدوران و الالتفاف حول المروحة تسمى RECIRCULATION و للتغلب على هذه المشكلة تم تصنيع الصرة الخارجية بخلوص صغير جداً مع الغلاف لمنع مرور السائل لجهة السحب و ذلك فى المضخات الصغيرة رخيصة الثمن أما فى المضخات الكبيرة يتم وضع حلقات احتكاك فى هذه المنطقة و ذلك بتثبيت حلقة على صرة المروحة ROTATING WEARING RING و أخرى ثابتة حولها مثبتة داخل الغلاف STATIONARY WEARING RING وذلك تحاشياً لتآكل المروحة نفسها وعند تآكل هذه الحلقات يزداد الخلوص بينها و بين الغلاف فيتم تغييرها بحلقة أخرى جديدة مع وضع فى الاعتبار أن هذه الحلقات رخيصة الثمن.



أنواع حلقات الإحتكاك

i.حلقات احتكاك ذات خلوص مسطح FLAT TYPE

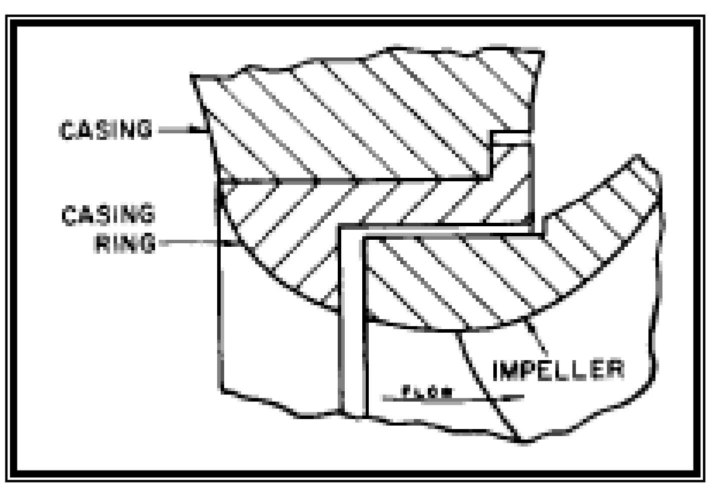
تعتبر من أشهر الأنواع حيث يوجد خلوص مستوى بين حلقتى الاحتكاك الدائرة و الثابتة بكامل محيط الحلقة



حلقات إحتكاك ذات خلوص مسطح

ii.حلقات احتكاك ذات خلوص حرف (L) L – TYPE

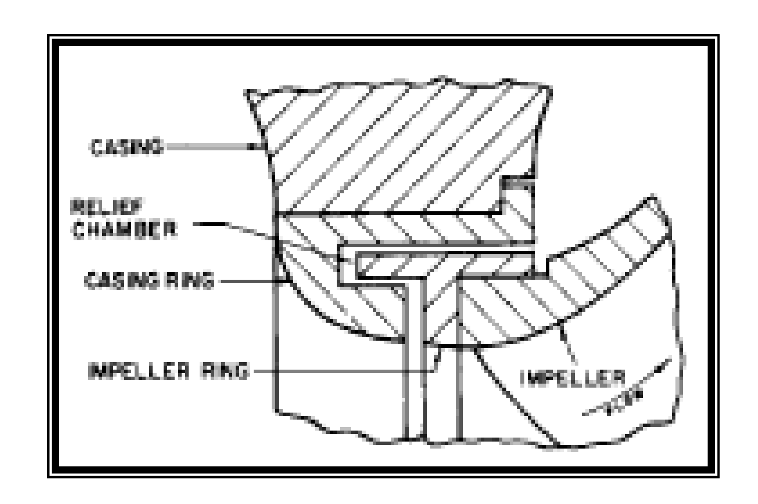
و يأتى فى المرتبة الثانية من حيث كثرة الاستخدام و فيه يكن الخلوص الأصغر ناحية الطرد و الخلوص الأكبر الأقرب للسحب حتى يدخل السائل المار من الخلوصين من الأصغر إلى الأكبر ليدخل بهدوء إلى السحب غير مسبب لمشاكل الاضطراب فى السحب وتسمى فى هذه الحالة NOZZLE RING



حلقات إحتكاك ذات خلوص حرف (L)

iii.الحلقات الحاكمة ذات الخلوص المتعرج LABYRINTH – TYPE RINGS

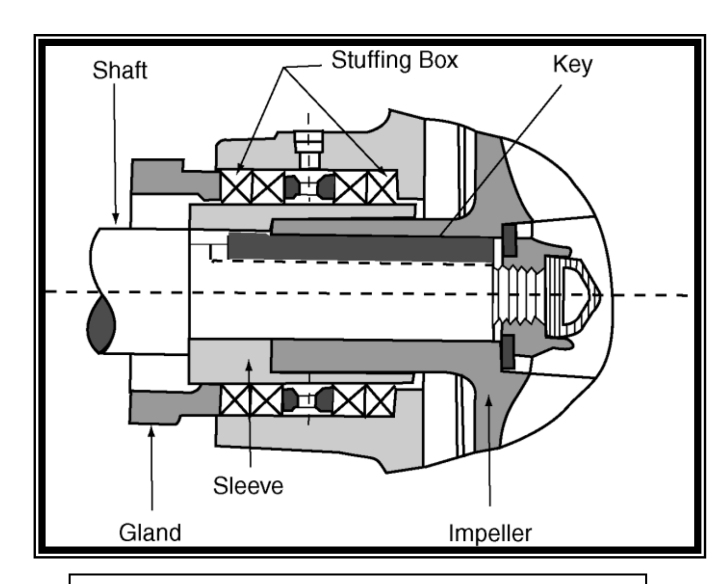
و يتكون هذا النوع من الحلقات من أكثر من سطح اسطوانى للخلوص و هكذا يزداد مسار التسريب وبالتالى يزداد مقاومة الحلقات للتسريب



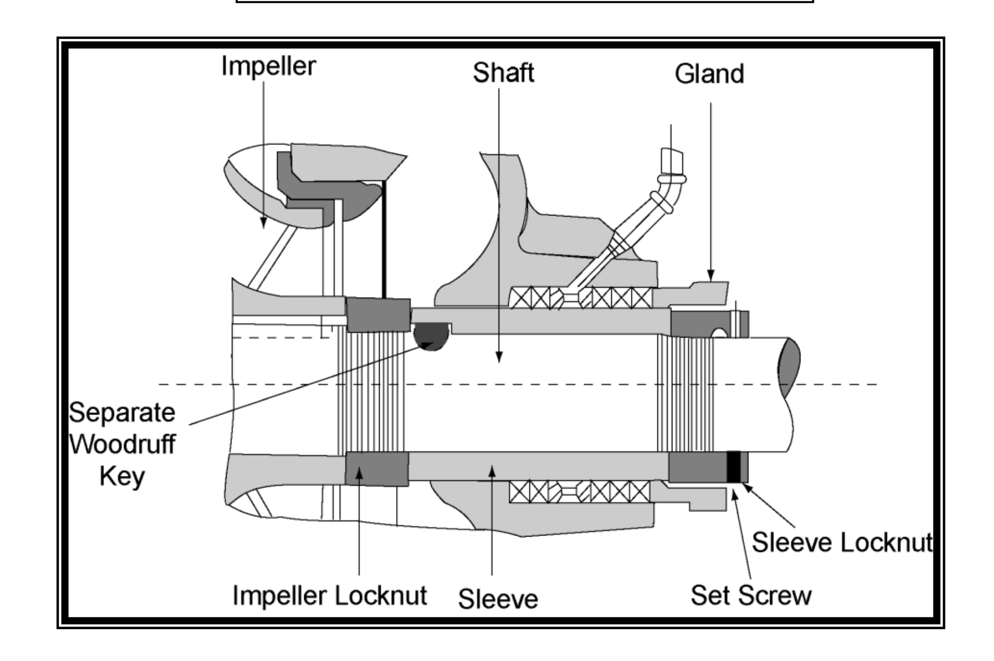
4- عمود الإدارة و الجلب SHAFT AND SHAFT SLEEVES

الوظيفة الأساسية للعمود هى نقل عزم الدوران من المحرك إلى المضخة و حمل الأجزاء الدوارة . و عند تصميم العمود يتم اختيار القطر الأكبر فى المنتصف حتى يسهل تركيب كراسى التحميل و المراوح و الجلب و صواميل زنق الجلب

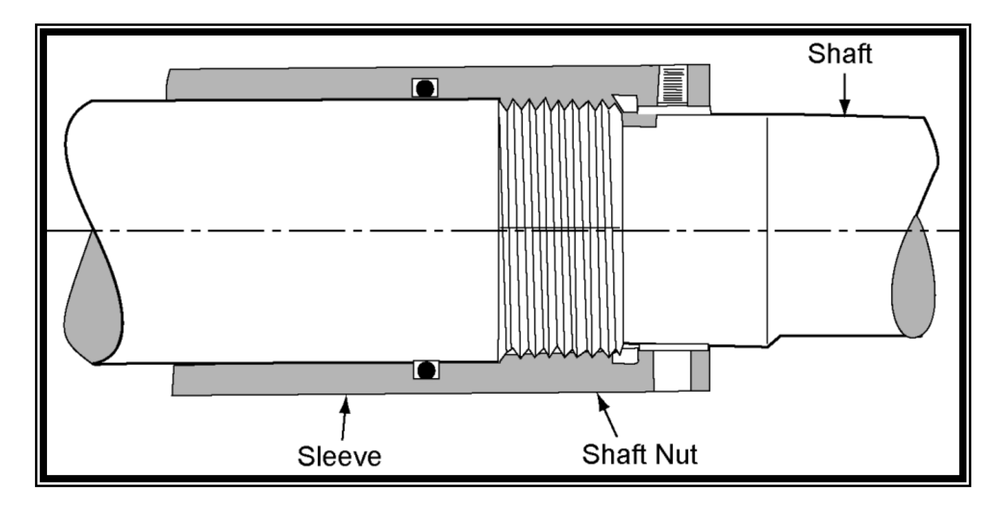
ويتم تصنيع العمود من سبائك تقاوم التآكل و لمزيد من الحماية يتم تركيب جلب SLEEVES على العمود تفصل العمود عن الأجزاء التى يحملها و تدور هذه الجلب مع العمود بواسطة خوابير (KEYS) ولضمان عدم تحرك الجلب نتيجة الأحمال المحورية يتم تثبيتها بصواميل زنق و أحيانا تكون الجلب بها قلاووظ لتثبت مباشرة فى العمود ذو القلاووظ أيضاً



جلبة لحماية العمود من صندوق الحشو



جلب مثبتة بصواميل زنق



جلب ذات قلاوظ مثبتة بالعمود مباشرة

5- كراسى التحميل BEARING

وظيفة الكراسى فى الطلمبة المروحية هى حمل عمود الدوران و ملحقاته و المحافظة على الوضع الصحيح بالنسبة للأجزاء لثابتة و الدوارة سواء المحافظة على الحركة فى اتجاه المحور AXIAL THRUST MOVEMENT أو الاتجاه العمودى LINE و الاتجاة القطرى RADIAL

و تستخدم المضخات الطاردة المركزية نوعان من الكراسى هما

1) الكراسى عديمة الإحتكاك ANTI FRICTION BEARING

2) كراسى الغشاء الزيتى OIL FILM BEARING

وتحتاج المضخة الطاردة المركزية إلى كرسيين أحدهما لحفظ العمود من الحركة فى اتجاه المحور و يركب عند الطرف الخارجى أو الحر للمضخة OUTBOARD BEARING

و الآخر لحفظ العمود من الحركة العمودية على المحور و يركب عند الطرف الداخلى جهة الوصلة المروحية OUTBOARD BEARING و تركب الكراسى فى علبة BEARING HOUSING إما أن تكون ضمن جسم المضخة أو تصنع منفصلة و تربط جيداً بجسم المضخة و يحفظ الزيت اللازم لتزييت الكرسى فى هذه العلبة بحيث تزود بقميص لتبريد الكرسى

مقارنة بين الكراسى عديمة الإحتكاك و كراسى الغشاء الزيتى

وجه المقارنة	**الكراسى عديمة الاحتكاك** ANTI FRICTION BEARING	**كراسى الغشاء الزيتى** OIL FILM BEARING
التركيب	تتكون هذه الكراسى من حلقة خارجية وهى التى تثبت فى الغلاف و حلقة داخلية تركب وتدور مع فى عمود الدوران و عنصر الدوران إما أن يكون بلى أو اسطوانى (بلح)	تشبه هذه الكراسى لحد كبير الجلب غير أنها تمتلئ بطبقة رقيقة من الزيت ما بين الحلقة الدوارة المثبتة على العمود و الحلقة الثابتة المثبتة فى الغلاف ليعمل هذا الزيت على عدم احتكاك الحلقتين وتبريد الجلب
الحمل الميكانيكى	يصلح للأحمال الصغيرة و المتوسطة	صالح لكل الأحمال و بخاصة الأحمال الكبيرة جداً
سرعة دوران العمود	يصلح للسرعات الصغيرة و المتوسطة	صالح لكل السرعات و بخاصة العالية جداً
العمر الافتراضى	تقريباً أربعة سنوات و بعدها يظهر التلف على أحد أجزاء الكرسى و حينها يلزم تغييره حتى لا يتسبب ذلك للاهتزازات الملحوظة	معمر جدا و ليس له عمر افتراضى طالما أن ظروف تشغيل الزيت مثالية من درجة الزيت و لزوجته و ضغطه

1) الكراسى عديمة الاحتكاك ANTI FRICTION BEARING

و لهذه الكراسى العديد من الأشكال و التصميمات و لكن أشهرها كراسى البلى BALL BEARING و كراسى البلح ROLLER BEARING و تستخدم كراسى البلى لرد فعل القوى المحورية و أيضاً لحفظ دوران العمود حول مركزه أما كراسى البلح فتستخدم لحفظ دوران العمود حول مركزه فقط

وحيث أن سرعة دوران العمود غير ثابتة فقد تتعرض الكراسى للاحتكاك لذا يلزم تزييت هذه الكراسى باستمرار و معظم كراسى البلى المستخدمة فى المضخات المروحية هى

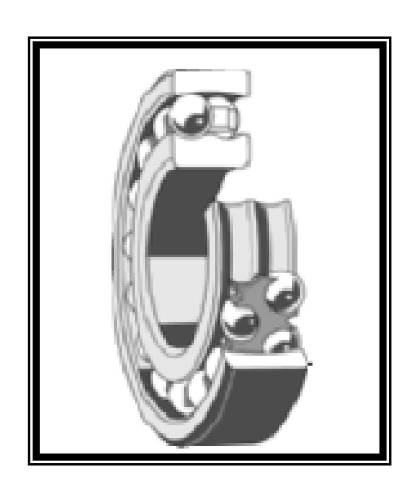
1- كرسى ذو صف واحد من البلى و مجرى عميق SINGLE RAW DEEP GROOVE

2- كرسى ذو صفين من البلى و مجرى عميق DOUBLE RAW DEEP GROOVE

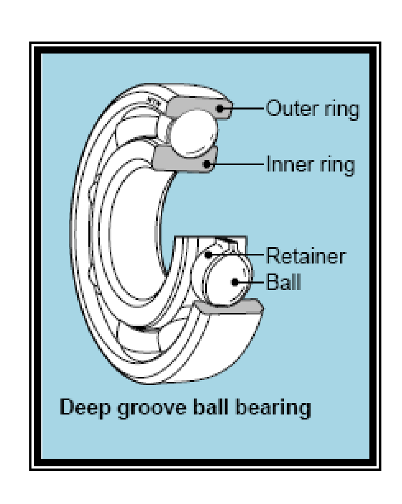
3- كرسى ذو صفين ذاتى الضبط DOUBLE RAW SELF ALIGNING

4- كراسى التلامس الزاوى ذات صف أو صفين ANGULAR CONTACT

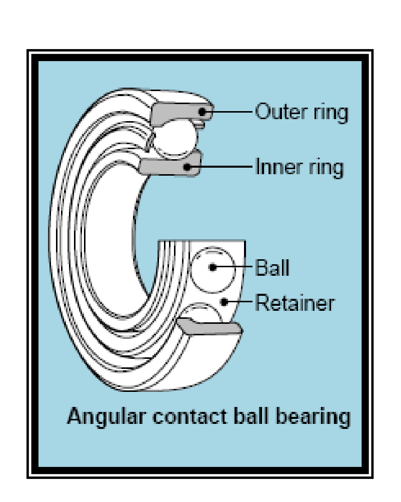
و أول ثلاثة أنواع قادرة على صد قوى الدفع المحورية بجانب القوى القطرية و التى تشمل الوزن و القوى الهيدروليكية و يعتبر الكراسى ذات الضبط الذاتى من أكثر الأنواع استخداماً فى الأحمال الثقيلة و السرعات العالية و الأعمدة الطويلة أما أو زادت أقطار أعمدة الدوران فإنه يستخدم كراسى البلح ROLLER BEARING



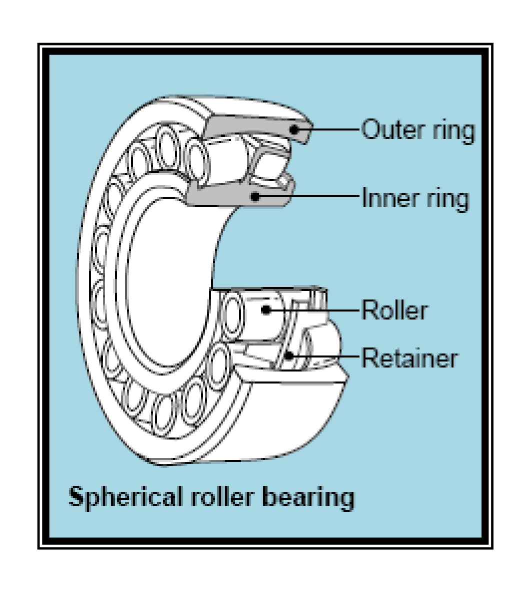
كرسى ذو صفين ذاتى الضبط

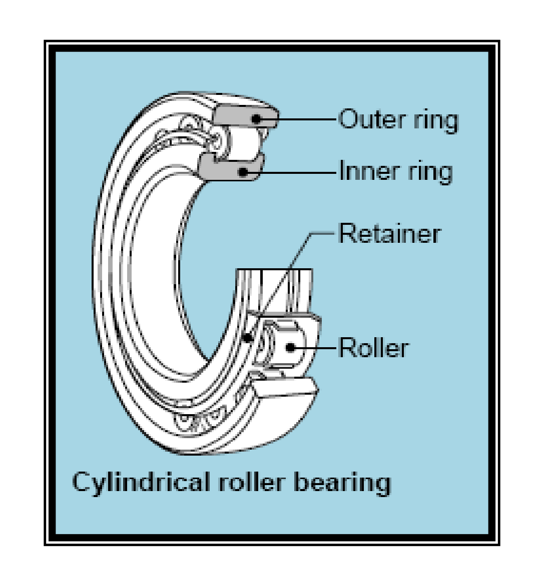


كرسى ذو صف من البلى و مجرى عميق



كراسى التلامس الزاوى بصف واحد



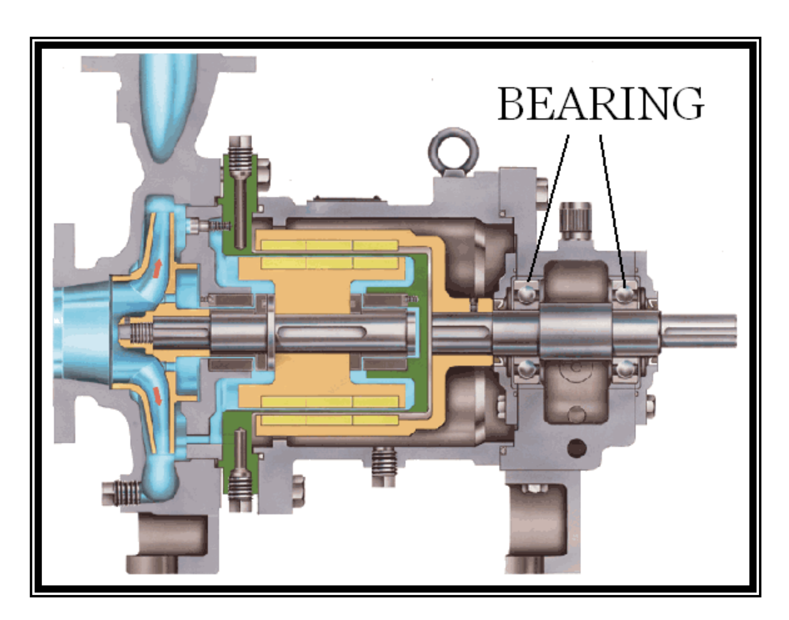


ROLLER BEARING كراسى البلح

LUBRICATION OF ANTIFRICTION BEARING تزييت الكراسى عديمة الاحتكاك

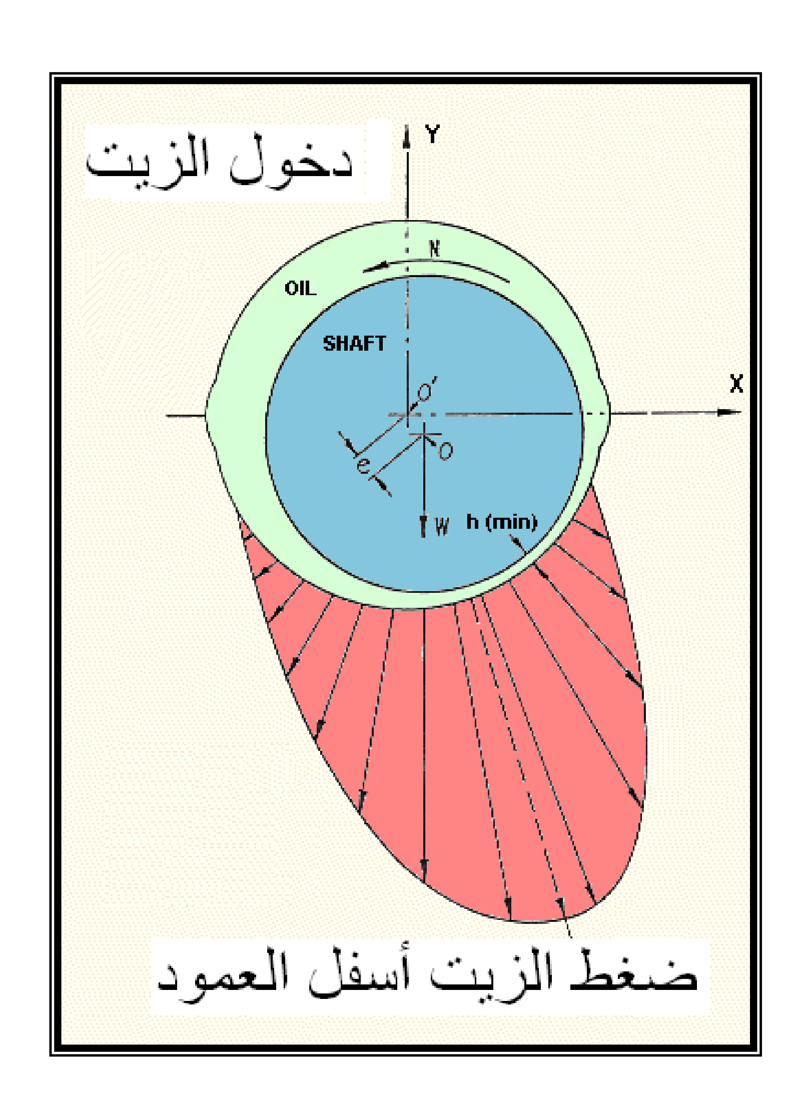
المضخات الصغيرة لا تحتاج إلى زيوت خاصة للتزييت و لكن يكفى لها الشحم لتشحيم البلى و يجب عدم ملئ الكراسى بالشحم و لكن يكفى ملئ ثلثها فقط لإعطاء الفرصة للشحم للتحرك داخل البلى حتى لا ترتفع الحرارة داخل الكراسى

و فى كراسى البلى التى تستخدم الزيت يجب المحافظة على مستوى محدد للزيت فى غرفة الكراسى و عادة يصل مستوى الزيت إلى منتصف أسفل بلية فى الكرسى



2) كراسى الغشاء الزيتى OIL FILM BEARING

بنيت فكرة هذا الكرسى على تحميل العمود على غشاء من الزيت المدفوع بضغط حوالى 1 بار إلى داخل الكرى و بسبب اللامركزية بين عمود الدوران و الجزء الثابت للكرسى تكون حركة العمود داخل الجلبة غير مركزية لتعمل عمل مضخة ايجابية لتولد ضغط عالى جداً قد يصل إلى 35 بار أسفل العمود ليدفع العمود إلى أعلى وبذلك لا يحدث تلامس نهائيا بين العمود و الجلبة



و لكراسى الغشاء الزيتى أنواع أهمها كالتالى

1- الكرسى الاسطوانى CYLINDERICAL BEARING

2- الكرسى الاسطوانى ذو المشقبيات المحورية CYLINDERICAL BEARING WITH AXIAL GROOVE

3- الكرسى ذو الوسائد المائلة TILTING PAD BEARING

وتحتاج كل هذه الأنواع إلى محطة زيت تتكون من خزان للزيت و فلاتر و مبردات للزيت و مضخات لدفع هذا الزيت بضغط 1.5 بار تقريباً و حوالى 35 درجة مئوية حرارة



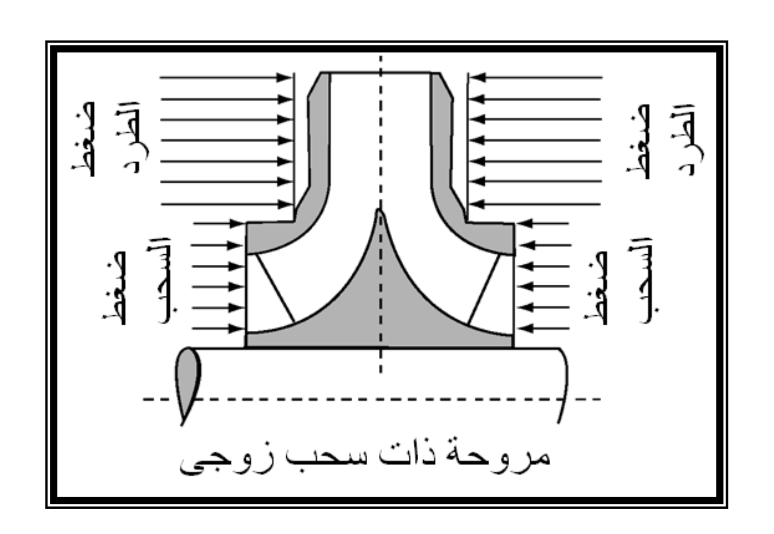
الكرسى ذو الوسائد المائلة TILTING PAD BEARING

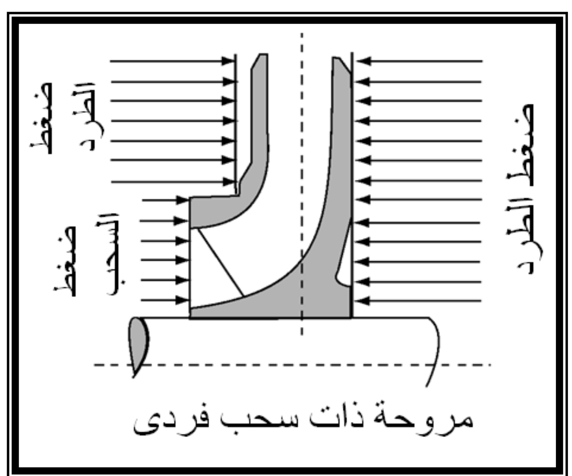
6- طنبورة و قرص الاتزان BALANCING DISK AND BALANCING DRUM

يتعرض عمود الدوران إلى حركة محورية أثناء التشغيل يميناً و يساراً نتيجة القوى الهيدروليكية المتولدة نتيجة مرور السائل المضغوط خلال المروحة وبالتالى تدفع هذه الحركة العمود وكل ما يحمله من أجزاء وبخاصة المروحة و التى من الممكن أن تحتك بالغلاف مما قد يؤدى لتدمير المضخة

يتعرض ظهر المروحة إلى ضغط الطرد بينما يتعرض وجهها إلى قسمين الأول ضغط الطرد و الآخر ضغط السحب ولما كانت المساحة السطحية لوجه المروحة مساوى للمساحة السطحية لظهر المروحة فإن مجموع القوى المؤثرة على الظهر سوف تزداد عنها فى الوجه بمقدار الجزء المعرض لضغط السحب مما يجعل القوى المؤثرة محورياً على المروحة تدفعها جهة السحب و قد أمكن باستخدام المروحة مزدوجة السحب معادلة هذه القوى ومع ذلك قد لا تتعادل فيها القوى الحورية للأسباب الآتية

أ- وجود كوع قريب من مدخل السحب قد يتسبب فى عدم تساوى السحب لمدخلى المروحة
ب- وجود اختلاف فى تماثل شكل الغلاف بسبب التصنيع على جانبى طرد المروحة
ت- اختلاف التسريب بين حلقتى الاحتكاك على جانبى مدخل المروحة





مصدر الضغوط المؤثرة على المروحة المسببة للدفع المحورى

و لهذه الأسباب فإن المضخة المروحية مها كان نوعها تحتاج لوسيلة لكبح هذه القوى المحورية ومن الحلول الحتمية الاستخدام هى كراسى رد الفعل المحورى AXIAL THRUST BEARING و قد يتم تركيب حلقتى احتكاك أحدهم عند صرة مدخل المروحة و الأخرى عند صرة خلف المروحة و يمكن أيضاً عمل ثقوب فى المروحة لتعادل الضغط على جانبى المروحة ويعيب هذا الحل الاضطراب الذى يحدث نتيجة دخول سريان من جهة الطرد للسحب و لتلافى هذه المشكلة يتم سحب السريان من خلف المروحة عبر أنبوب خارجى لماسورة السحب





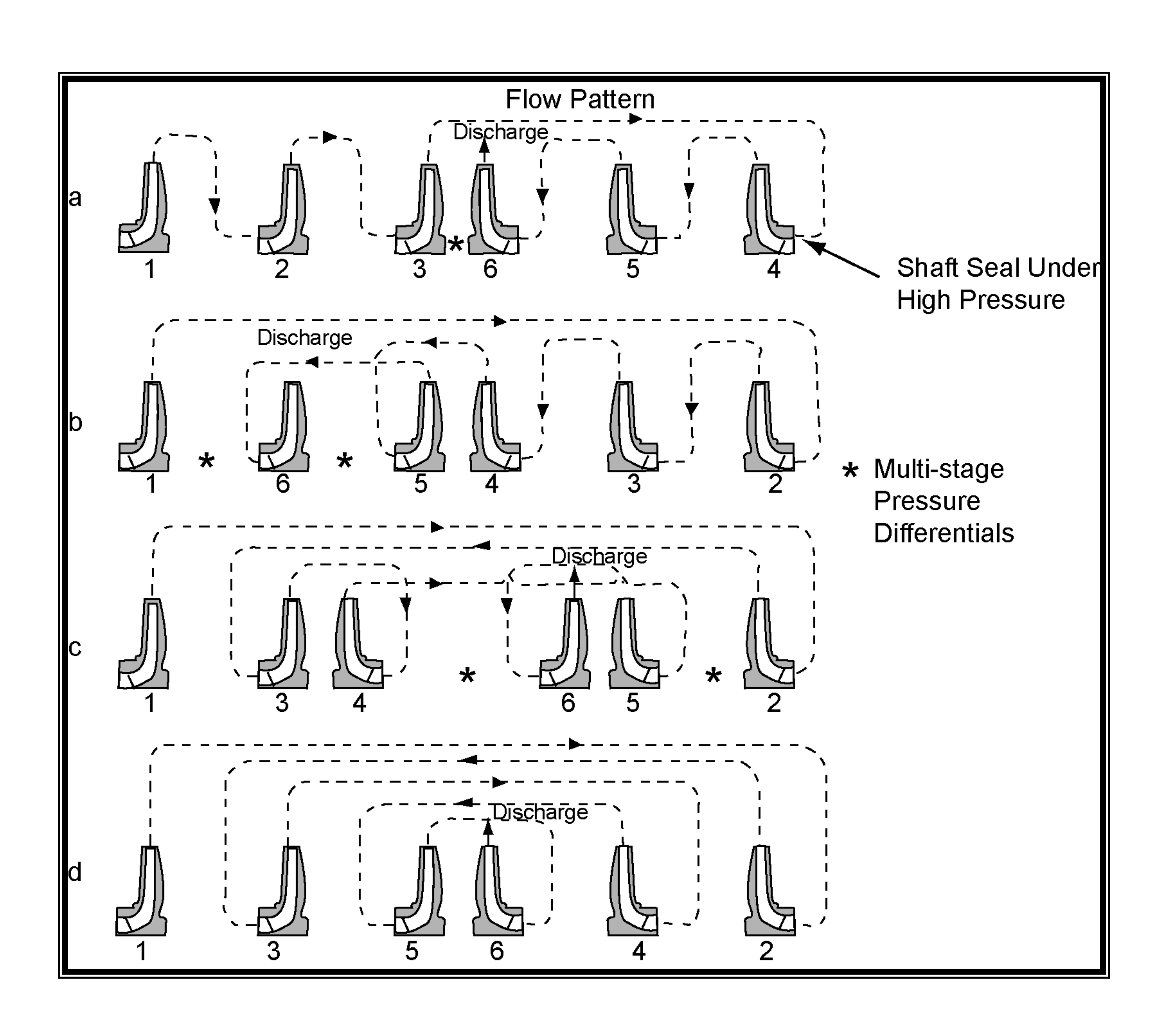
كراسى رد الفعل المحورى AXIAL THRUST BEARING

<u>الدفع المحورى فى المضخات المتعددة المراحل</u>

أ- يمكن للمضخات ذات العدد الزوجى للمراوح أن يكون نصف عدد المراوح ذو فتحة سحب فى اتجاه و النصف الآخر فى الاتجاه العكسى لمعادلة القوى المحورية و يسمى هذا الترتيب OPPOSED IMPELLER

ب- يمكن للمضخات ذات العدد الفردى تحقيق الاتزان للعدد الزوجى من المراوح و القوى المتولدة من المروحة الباقية يتم معالجتها بوسيلة بسيطة لرد الفعل المحورى الناتج عنها

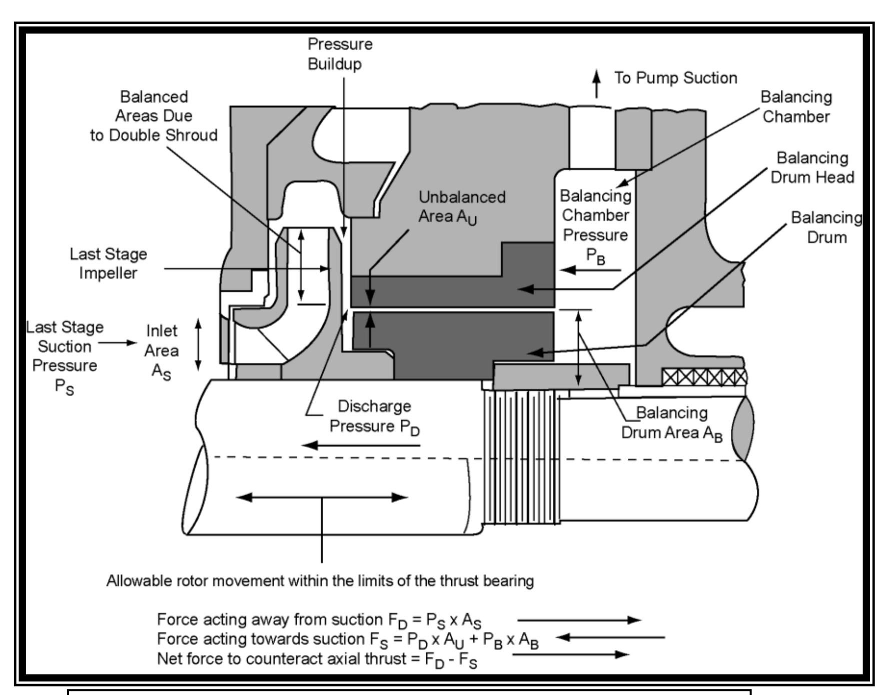
ت- يمكن تركيب المراوح جميعاً باتجاه واحد لفتحة السحب ثم استعمال وسيلة واحدة لرد الفعل المحورى مثل طنبوره الاتزان BALANCING DRUM أو قرص الاتزان BALANCING DISC



ترتيب المراوح فى المضخات المتعددة المراحل

BALANCING DRUM طنبوره الاتزان

تثبت طنبوره الاتزان بين أخر مرحلة و عرفة الاتزان المتصلة بأنبوب بفتحة السحب و تدور هذه الطنبوره مع العمود داخل الغلاف بحيث تكون بينها و بين الغلاف خلوص صغير جداً يسمح بتسريب بسيط للسائل إلى غرفة الاتزان التى يتساوى فيها الضغط تقريباً مع ضغط السحب و بذلك يتعرض الوجه الأيسر للطنبور (جهة طرد المضخة) إلى قوة دفع محورية تساوى قيمة ضغط الطرد × مساحة الوجه الأيسر للطنبوره و يتعرض الوجه الأيمن (جهة غرفة الاتزان) إلى قوة دفع محورى تعادل ضغط السحب × مساحة الوجه الأيمن وبالتصميم الجيد لقطر الطنبوره يتم التعادل و لكن عندما يتغير ضغط السحب فيحدث تغير لهذا الاتزان لذلك تتحمل كراسى الدفع المحورى هذا التغير الذى لا يتعدى 10 % من قيمة القوى المحورية الدافعة لعمود الإدارة

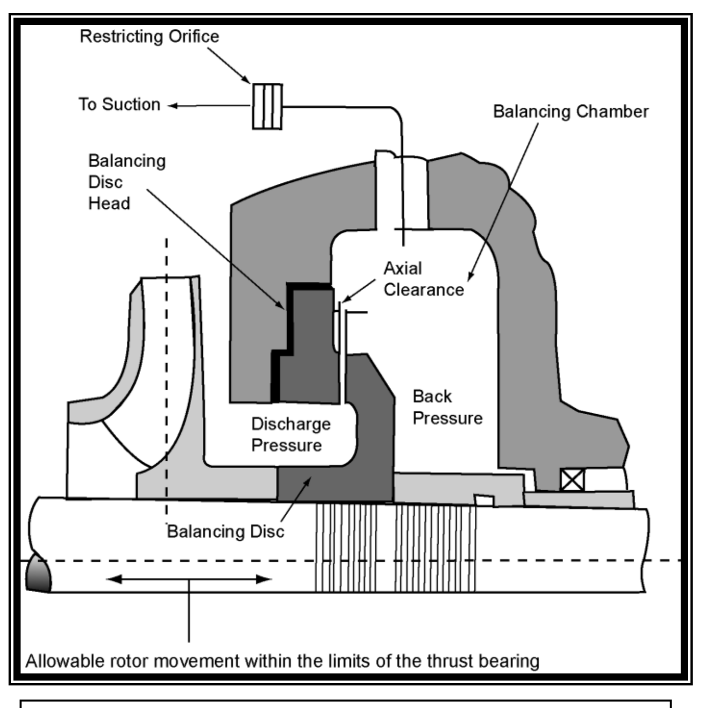


BALANCING DRUM طنبوره الاتزان

BALANCING DISC قرص الاتزان

يثبت قرص الاتزان على عمود المضخة و يفصله عن الرأس الثابتة له خلوص محورى بسيط و التسريب النافذ من هذا الخلوص يدخل غرفة اتزان ومنه عبر أنبوب صغير إلى فتحة السحب و يتحدد قطر القرص بحساب القوى المؤثرة على ظهره ويتميز قرص الاتزان انه يستجيب لأى تغير فى ضغط السحب أوتوماتيكيا عن طريق التغير فى الخلوص و الذى بدوره يغير كمية

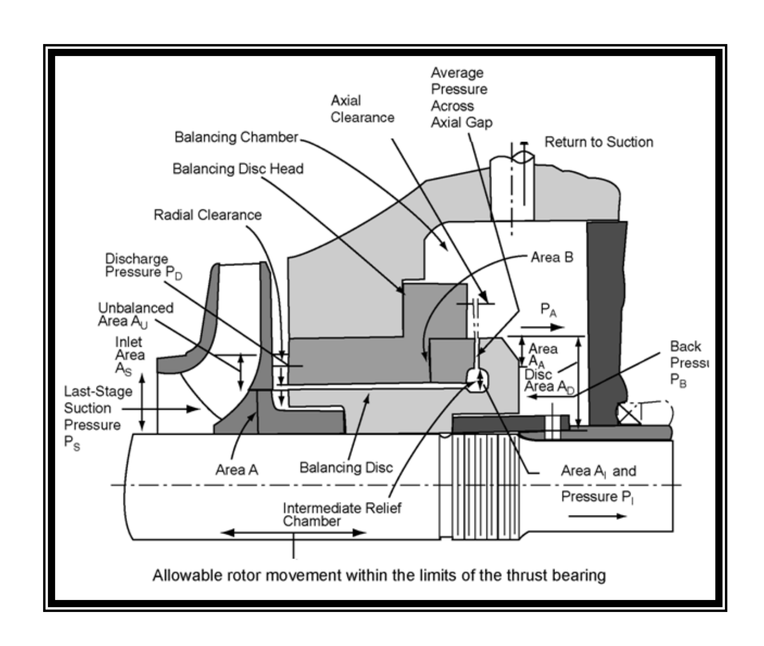
السريان الداخلة لغرفة الاتزان و يعيب هذا التصميم تعرض غرفة منع التسرب لضغوط مختلفة بسبب تغير الضغوط فى غرفة الاتزان المجاورة لها



BALANCING DISC قرص الاتزان

<u>الاتزان المركب باستخدام طنبوره الاتزان و قرص الاتزان</u>

ولما كانت عيوب الطريقتان السابقتان غير مشتركة فقد أمكن استخدام الاثنين معاً



طنبوره الاتزان و قرص الاتزان

7- الكوبلنج COUPLING

الكوبلنج هو الجزء الذى يربط عمود المحرك بالمضخة و الهدف منه هو

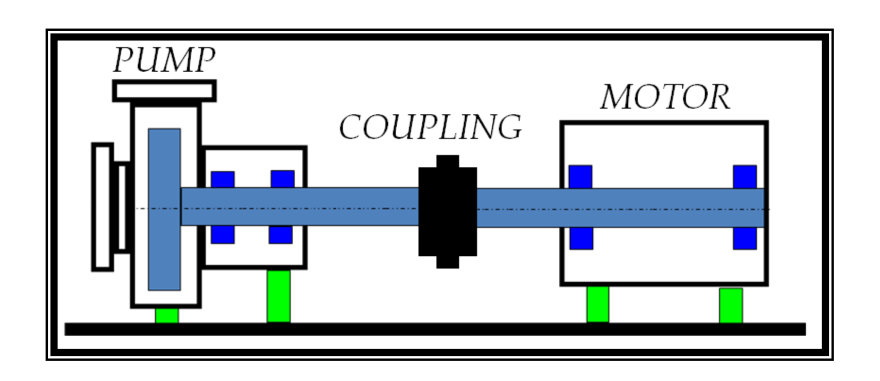
أ- نقل الحركة الميكانيكية الدورانية و العزم من المحرك إلى المضخة

ب- عمل المحاذاة اللازمة بين عمود المحرك و عمود المضخة

ت- عدم نقل الاهتزازات بين المضخة و المحرك

ث- عدم نقل الحرارة بين المضخة و المحرك

ج- عدم نقل أى تيار كهربى بين المحرك و المضخة



وللكوبلنج قسمان رئيسيان هما

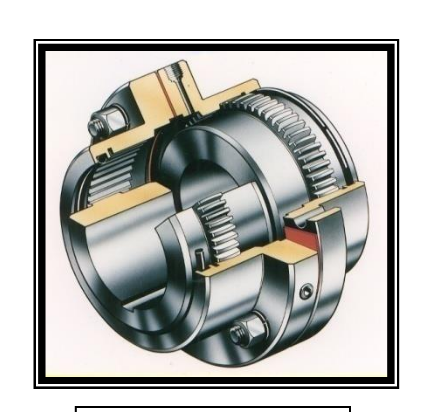
- كوبلنج صلب RIGID COUPLING
- كوبلنج مرن FLEXIBLE COUPLING

و الكوبلج الصلب عبارة عن وصلتين ترتبط كل وصلة منهم بأحد العمودين و يرتبطان ببعضهم البعض بواسطة مسامير ويعيب هذا النوع أنه لا يستعوض أى قيمة لعدم المحاذاة MISSALIGNMENT

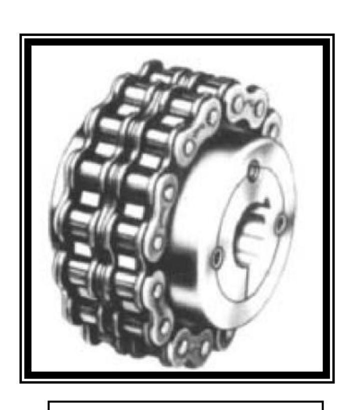


كوبلنج صلب RIGID COUPLING

والكوبلنج المرن يستطيع أن يستعوض أى قيمة لعدم المحاذاة MISSALIGNMENT ويمكن الحصول على هذه المرونة ميكانيكيا كالكوبلنج الجنزيرى و الكوبلنج الترسى ويمكن الحصول على هذه المرونة أيضا من خلال استعمال مادة مرنة كالكوبلنج الديفرام أو الكوبلنج المطاط

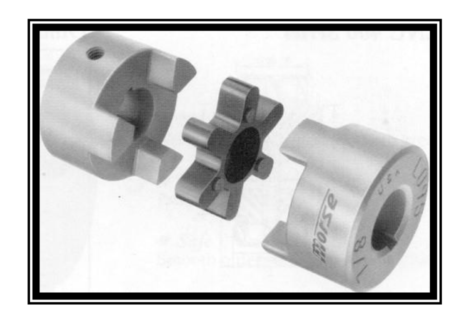


الكوبلنج الجنزيرى



الكوبلنج الترسى





الكوبلنج الديفرام



الكوبلنج ذو العضو المطاط

ضبط المضخة قبل تركيبه و توصيل المضخة بالمحرك

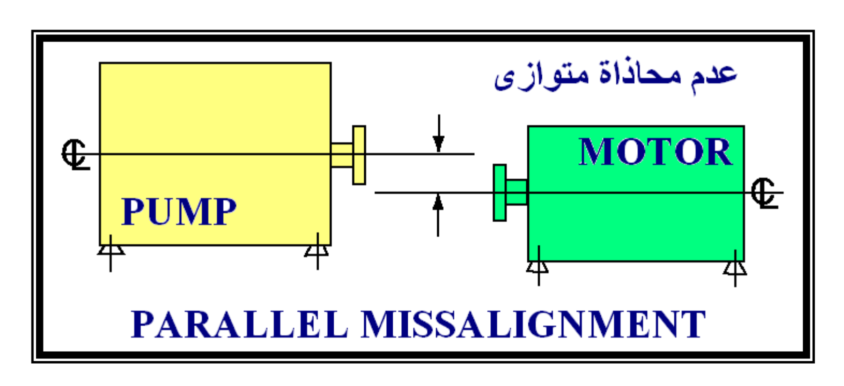
لابد من الضبط المحورى ALIGNMENT بين محور المضخة ومحور المحرك بشكل دقيق وذلك لضبط حركة المضخة مع المحرك

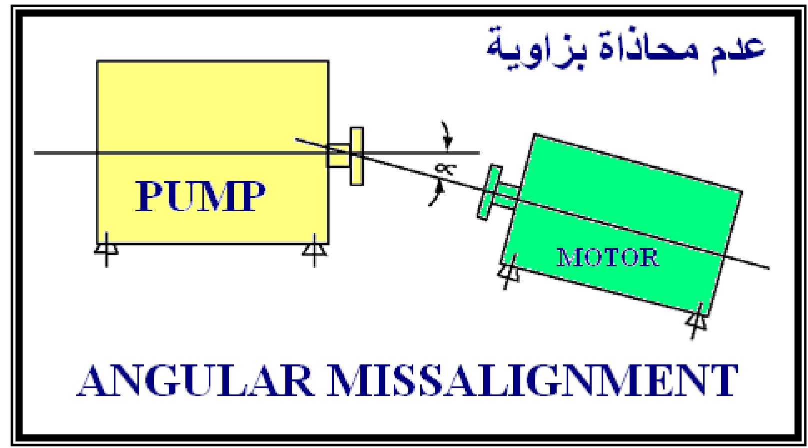
والحالات التى تكون فيها المضخة غير مضبوطة محورياً تسمى (عدم محاذاة) ولها ثلاث أنواع

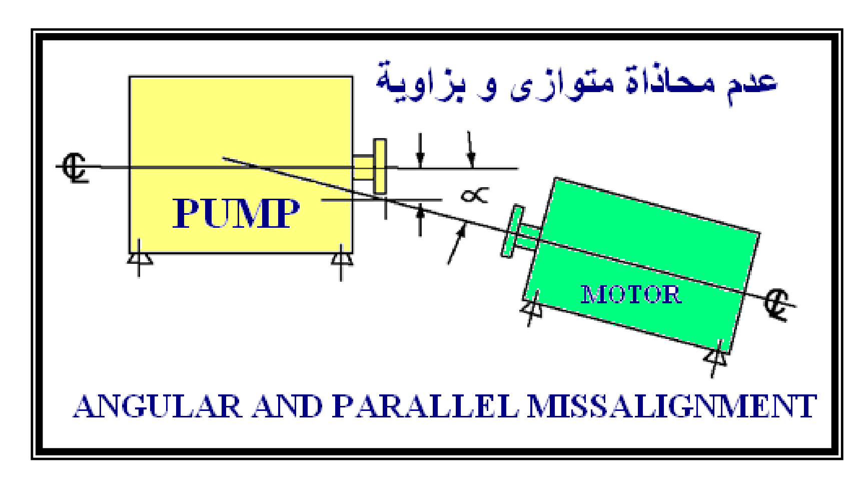
1- عدم محاذاة متوازى

2- عدم محاذاة بزاوية

3- عدم محاذاة متوازى بزاوية







8- **مانع التسرب SEALING**

يحاول السائل المضغوط بعد خروجه من المروحة الالتفاف إلى ظهر المروحة ثم الهروب للضغط الجوى من بين العمود و الغلاف و لمنع هذا التسرب تم تصنيع ما يسمى بصندوق الحشو STUFFING BOX

وهو عبارة عن تجويف فى جسم المضخة ويقع خلف المروحة ليركب فيه وسيلة تمنع تسرب السائل المدفوع خارج المضخة و توجد وسيلتين لمنع التسرب هما

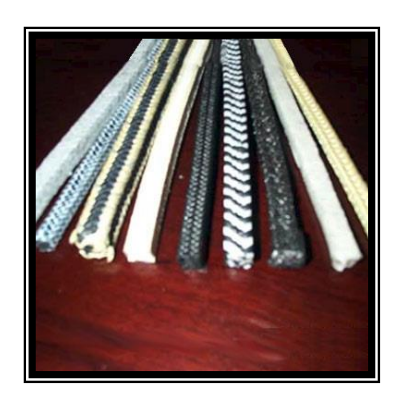
أ- حلقات الحشو BACKING

ب- مانع التسرب الميكانيكى MECHANICAL SEAL

حلقات الحشو BACKING

الحشو المستخدم فى المضخات عبارة عن حبل مربع المقطع من ألياف القطن أو الاسبستوس المجدول أو الملفوف أو على شكل طبقات أو المضفر وله أبعاد مختلفة حسب أبعاد صندوق الحشو





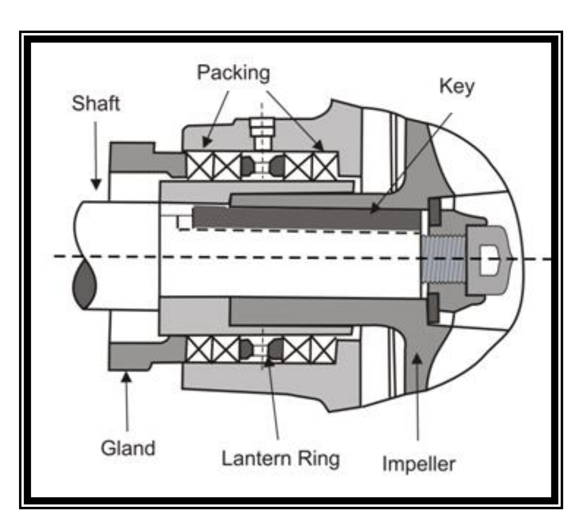




و يتوقف استخدام حلقات الحشو على نوع السائل و درجة حرارته و فى بعض الأنواع يتم إضافة الجرافيت و رقائق الألمونيوم إلى الأسبستوس لتتحمل درجات الحرارة العالية و فى بعض الأنواع يضاف التيفلون إلى ألياف الأسبستوس ليزيد من مقاومته للتآكل من الأحماض و المذيبات العضوية و المواد الكيماوية و يراعى تقطيع حلقات الحشو بالطريقة الصحيحة و ذلك بتقطيع نهاياتها بزاوية 45 درجة حتى تكون الحلقات على شكل دائرى كامل و مقفلة تماما ولا يوجد فراغ بينها كما يراعى عند تركيب الحلقات داخل صندوق الحشو أن تكون نهايتها على زوايا مختلفة مقدارها 90 درجة لضمان عدم التسريب

و يتم ضغط الحلقات لبعضها البعض عن طريق جلاند لتوليد الضغط الجانبى اللازم لمنع التسريب وفى بغض الأحيان يلزم توافر زيت لتزييت و تبريد حلقات الحشو ويتم حقنه من نفس سائل المضخة من خط الطرد وتستخدم حلقة خاصة توضع فى منتصف حلقات الحشو بها ثقوب

تنظم مرور السائل حول حلقات الحشو و تسمى LANTERN RING منعاً لارتفاع درجة حرارة الحشو و تفحمه و بالتالى يفقد وظيفته فى منع تسرب السائل و يراعى عند ربط جلاند صندوق الحشو أن يسمح بتهريب بسيط على هيئة نقط للتبريد و منع تفحم حلقات الحشو ويتم ضبط حلقات الحشو بعد تشغيل المضخة بواسطة الجلاند فلو لوحظ وجود تهريب أكثر من المسموح يتم إعادة ربط الجلاند باتزان



<u>مواد تصنيع حلقات الحشو PACKING MATERIALS</u>

1- <u>حشو الاسبستوس ASBESTOS PACKING</u>

الاسبستوس المشبع بالجرافيت و الشحم و الزيت الخام مادة ممتازة لتصنيع الحشو خاصة للماء البارد و الساخن حتى 232 درجة مئوية

2- <u>الحشو الخالى من الاسبستوس NON ASBESTOS PACKING</u>

بعد أن ثبت أن الاسبستوس مادة مسببة للسرطان فقد ذهب المنتجون لحلقات الحشو إلى القطن و خيوط الجرافويل و الغزل الجرافيتى

3- <u>الحشو المعدنى METALIC PACKING</u>

المواد الأساسية المستخدمة فى هذا النوع هى الرصاص الألمونيوم و النحاس الأحمر

<u>مانع التسرب الميكانيكى MECHANICAL SEAL</u>

من دراسة استخدام حلقات الحشو لمنع التسرب فى المضخات الطاردة المركزية تبين أنها مصممة على أساس لسماح بمعدل تهريب لجزء من السائل من خلال جلاند المضخة وهذا

الأمر يجعلها غير مناسبة لبعض الاستخدامات مثل ضخ السوائل الغالية الثمن كالمذيبات العضوية أو السوائل الخطرة مثل الفينول و هذا بالإضافة للقدرة المفقودة من خلال الاحتكاك بين الحشو و جلبة العمود

و لهذه الأسباب تم استخدام تصميم أخر و هو مانع التسرب الميكانيكى MECHANICAL SEAL وهذه النوعية تتميز بعدم التسريب نهائيا و لو حدث التسريب يكون بمعدلات صغيرة للغاية و لا تقارن بمعدلات التسريب الناتج عن حلقات الحشو كما أنها اقتصادية جدا من ناحية التشغيل لأنها لا تحتاج إلى صيانة بعد تركيبها و بالتالى لا تحتاج إلى فترات توقف على عكس الحال مع حلقات الحشو هذا بالإضافة إلى طول العمر الافتراضى له الذى قد يصل إلى سنتان على عكس الحشو الذى يتغير كل ستة أشهر تقريباً

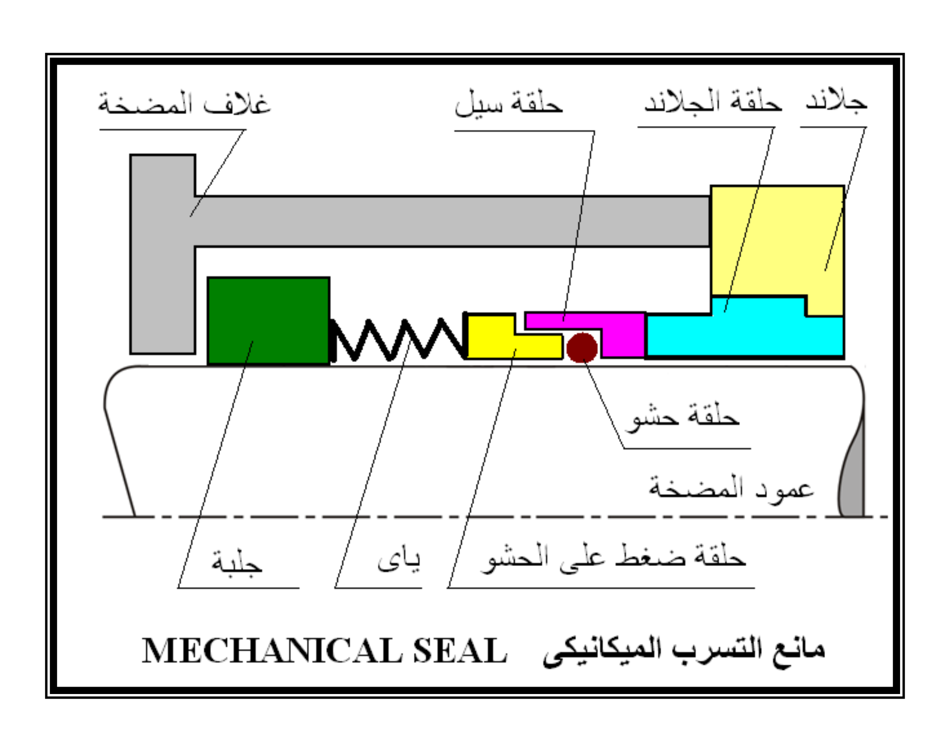
مقارنة بين حلقات الحشو و مانع التسرب الميكلنيكى

حلقات الحشو BACKING	
المميزات	**العيوب**
1- تكلفته المبدئية رخيصة الثمن 2- سهولة التركيب 3- مناسب للضغوط و السرعات المتوسطة 4- لا يتأثر بقوى الدفع المحورية 5- زيادة معدل التسريب كإنذار للتغيير	1- التسريب الناتج عالى نسبيا 2- يحتاج لصيانة باستمرار 3- معدل التآكل الناتج فى جلبة العمود عالى 4- القدرة المفقودة نتيجة الاحتكاك بين حلقات الحشو و جلبة العمود عالية
مانع التسرب الميكانيكى MECHANICAL SEAL	
المميزات	**العيوب**
1- لا يسبب تسريب أو تسريب ضعيف جدا 2- لا يحتاج للصيانة 3- معدل التآكل الناتج فى جلبة العمود منخفض 4- مناسب للضغوط و السرعات العالية 5- مناسب للسوائل الخطرة و السامة و القابلة للاشتعال 6- القدرة المفقودة نتيجة الاحتكاك بين حلقات الحشو و جلبة العمود قليلة للغاية	1- تكلفته المبدئية غالية الثمن 2- التركيب يحتاج إلى تقنية عالية للحاجة إلى فك أجزاء أخرى فى المضخة

كيفية عمل مانع السرب الميكانيكى

و يعتمد مانع التسرب الميكانيكى على توفير سطحين متعامدين على محور عمود الإدارة أحدهما ثابت مثبت فى غلاف المضخة و الآخر مثبت على عمود المضخة الدوار ليدور معه و السطحين متلامسين ومن النعومة بحيث لا يمر منهم أى تسريب و أحد السطحين من معدن صلد جدا أو سيراميك و الأخر غالبا ما يصنع من الجرافيت

و السطحين كما فى الشكل التالى هما حلقة السيل و حلقة الجلاند و يساعد السطحين على التلامس حلقة الضغط على حلقة السيل وبينهما حلقة حشو ويتم الضغط على الحلقتين بواسطة الياى المثبت محوريا على جلبة مثبتة على العمود و قد يستخدم ياى واحد كبير يلتف قطريا حول العمود أو مجموعة يايات





مانع تسرب بياى واحد





مانع تسرب بمجموعة يايات

CLASSIFICATION OF MECHANICAL SEAL تقسيم الموانع الميكانيكية

التقسيم طبقا لأوضاعها على العمود

i. المانع الفردى SINGLE SEAL

أ- المانع الفردى المركب داخل المضخة INTERNALLY MOUNTED

ب- المانع الفردى المركب خارج المضخة EXTERNALLY MOUNTED

ii. المانع المتعدد MULTIPLE SAEL

أ- الموانع المزدوجة DOUBLE SEAL

ب- الموانع المترادفة TANDEM SEAL

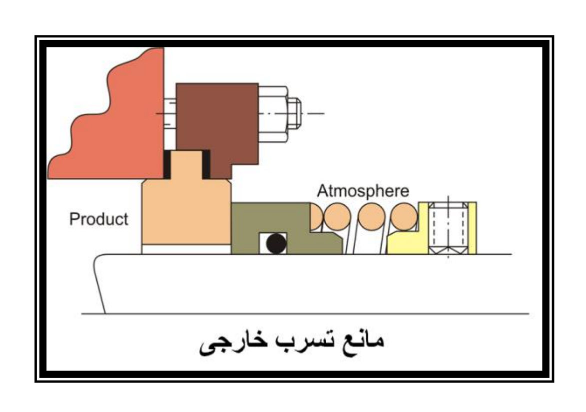
التقسيم طبقا للتصميم

1- الموانع المتزنة أو الغير متزنة BALANCED OR UNBALANCED

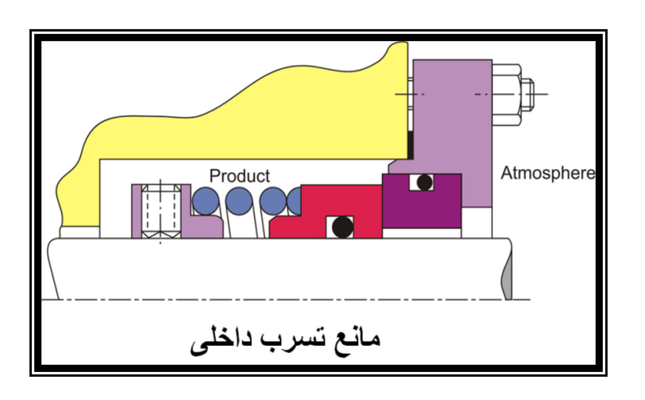
2- الموانع ذات الرأس الدوارة أو الثابتة ROTATING OR STAIONARY SEAL HEAD

3- الموانع ذات الياى أو اليايات المتعددة SINGLE OR MULTIBLE SPRINGS

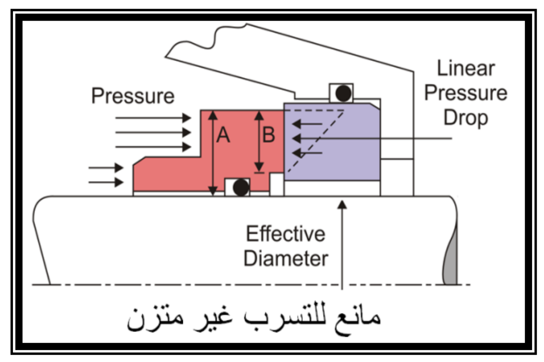
4- الموانع الثانوية الزاحفة أو الغير زاحفة PUSHER OR NON PUSHER SEAL



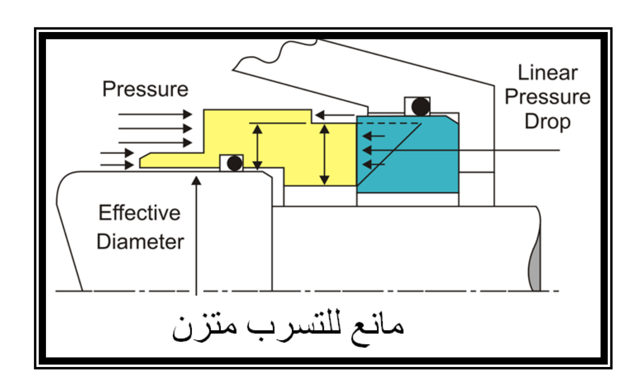
مانع تسرب خارجى



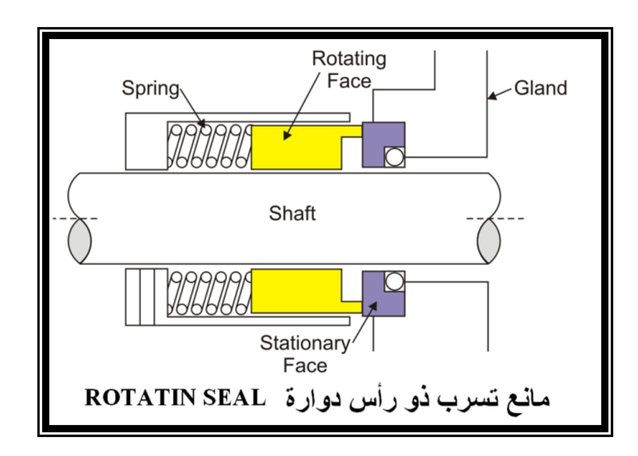
مانع تسرب داخلى



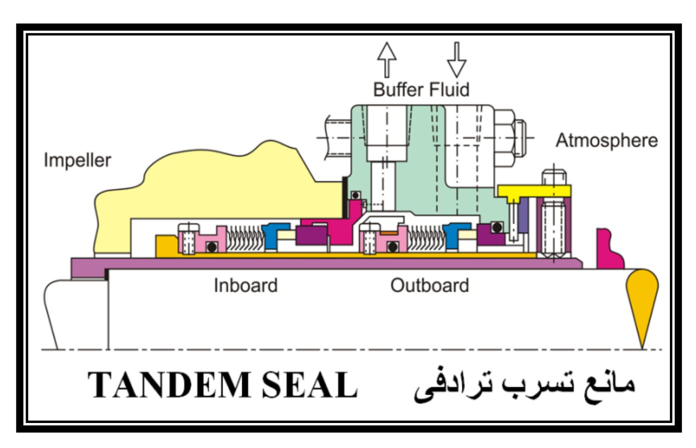
مانع للتسرب غير متزن



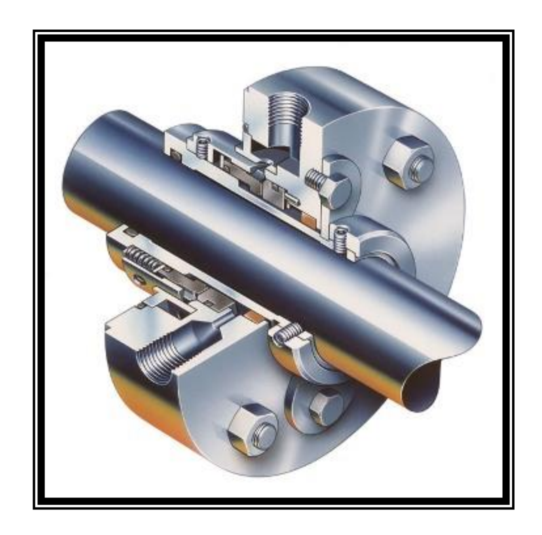
مانع للتسرب متزن

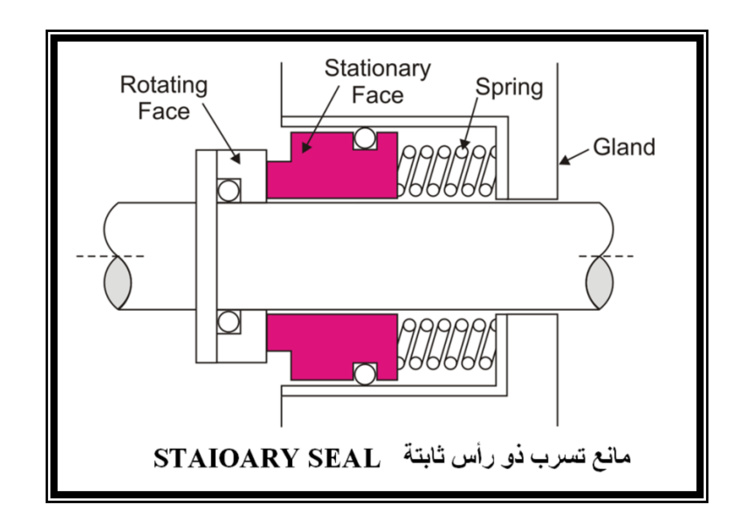


ROTATIN SEAL مانع تسرب ذو رأس دوارة

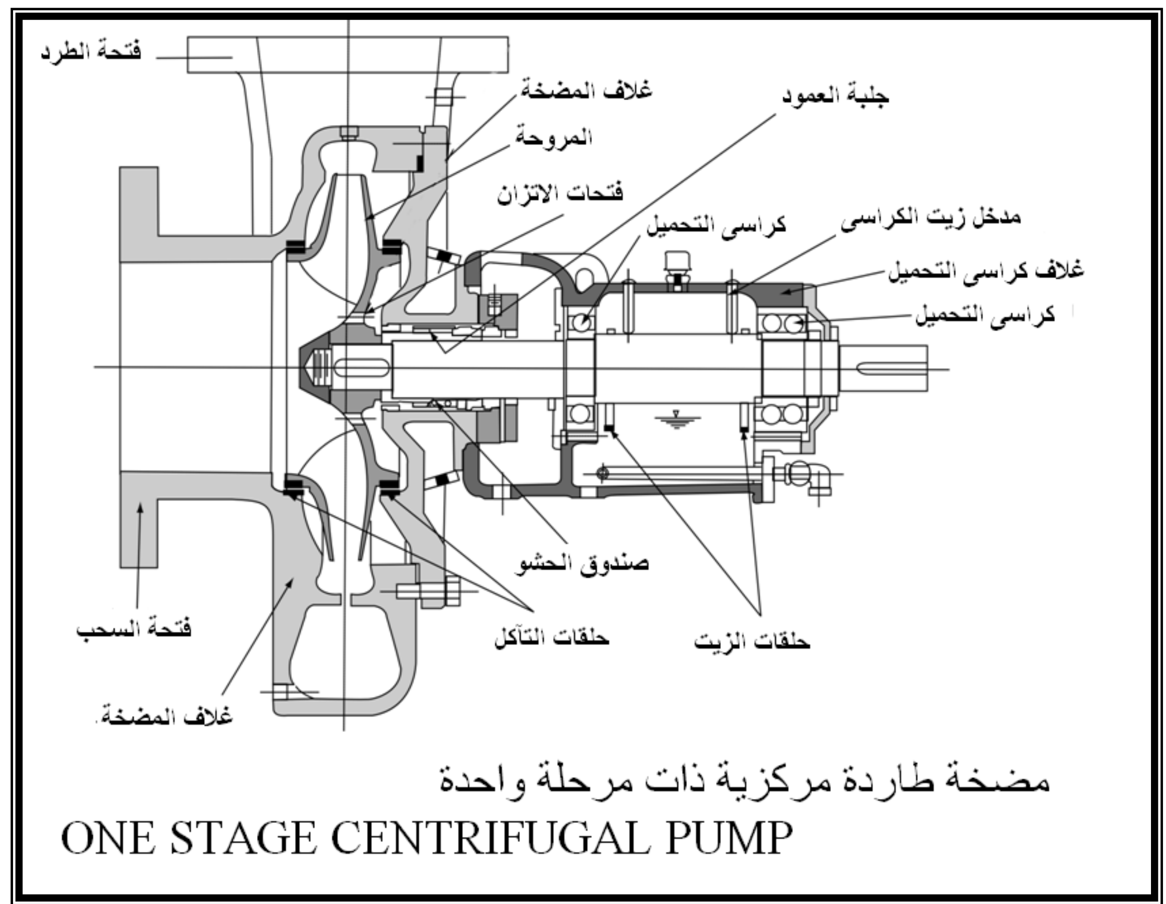


TANDEM SEAL مانع تسرب ترادفى



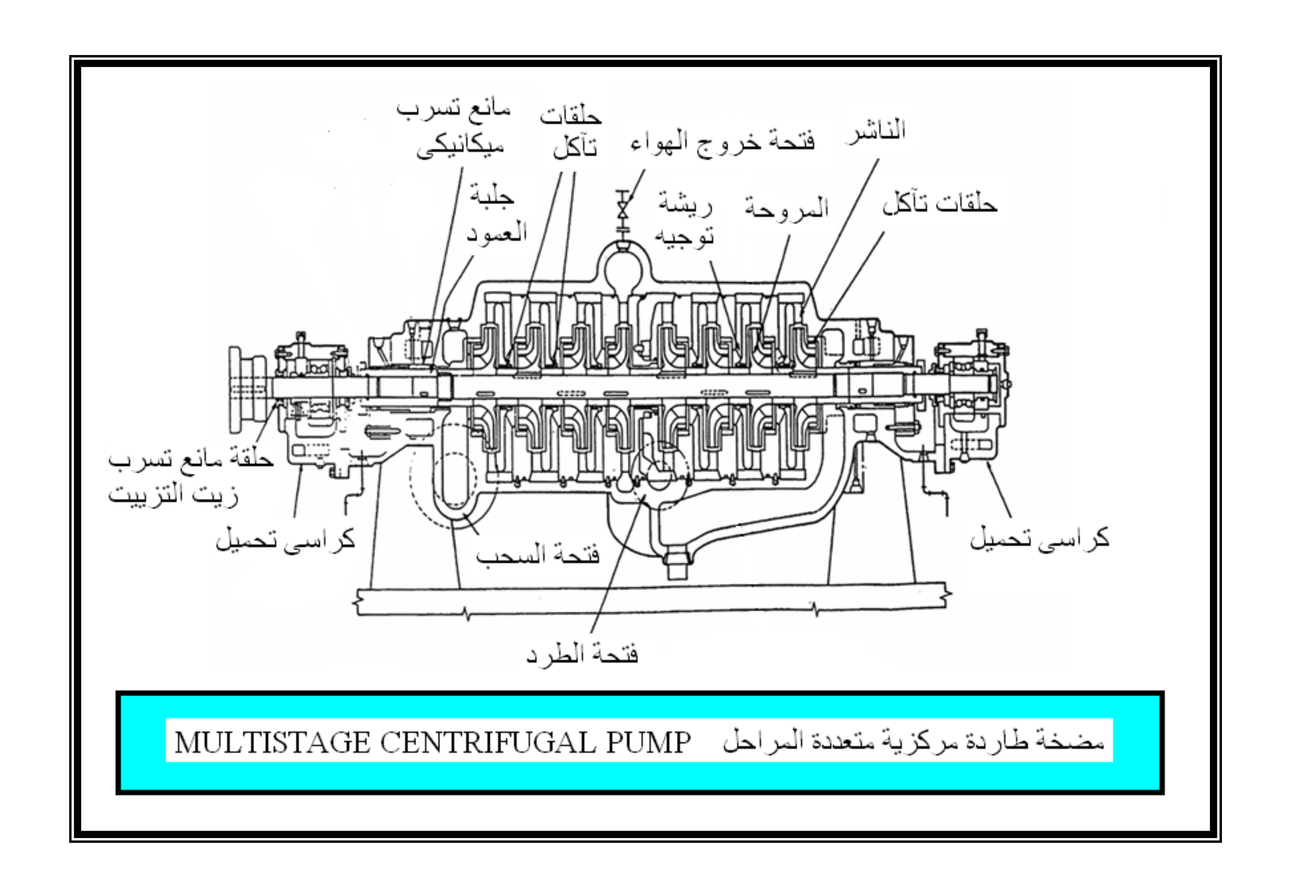


STAIOARY SEAL مانع تسرب ذو رأس ثابتة



مضخة طاردة مركزية ذات مرحلة واحدة

ONE STAGE CENTRIFUGAL PUMP



MULTISTAGE CENTRIFUGAL PUMP مضخة طاردة مركزية متعددة المراحل

الفصل الثالث : اختيار المضخة الطردة المركزية

بعض المفردات و التعاريف الخاصة بالمضخة

أولا قبل التعرف على أداء و اختيار المضخة يجب التعرف على بعض المفردات و التعاريف الخاصة بالمضخة

1- الكثافة DENISTY

هى كتلة المائع فى وحدة الحجم وتتأثر بالحرارة و الضغط

2- الوزن النوعى SPECIFIC WEIGHT

وهو عبارة عن وزن وحدة الحجم من المائع

3- الحجم النوعى SPECIFIC VOLUME

هو مقلوب الوزن النوعى أى عبارة عن حجم وحدة الأوزان

4- الكثافة النوعية SPECIFIC GRAVITY

هى النسبة بين كثافة السائل و كثافة الماء فى نفس درجة الحرارة

5- ضغط المائع PRESSURE

الضغط هو القوة المؤثرة على وحدة المساحات و الضغط دائما عمودى على السطح المؤثر علية

ضغط السائل = الكثافة × ارتفاع عمود السائل × عجلة الجاذبية

6- الضغط البخارى VAPOUR PRESSURE

إذا أغلق حيز فوق السطح الحر للسائل فان هذا الحيز يتشبع ببخار السائل ويستمر انتقال الجزيئات بين البخار و السائل عند السطح الحر فإذا انخفض الضغط فى الحيز فوق سطح السائل عن ضغط التشبع فإن السائل يبدأ فى التبخر مرة أخرى و الضغط البخارى يتغير بتغير درجة الحرارة

7- التصرف FLOW

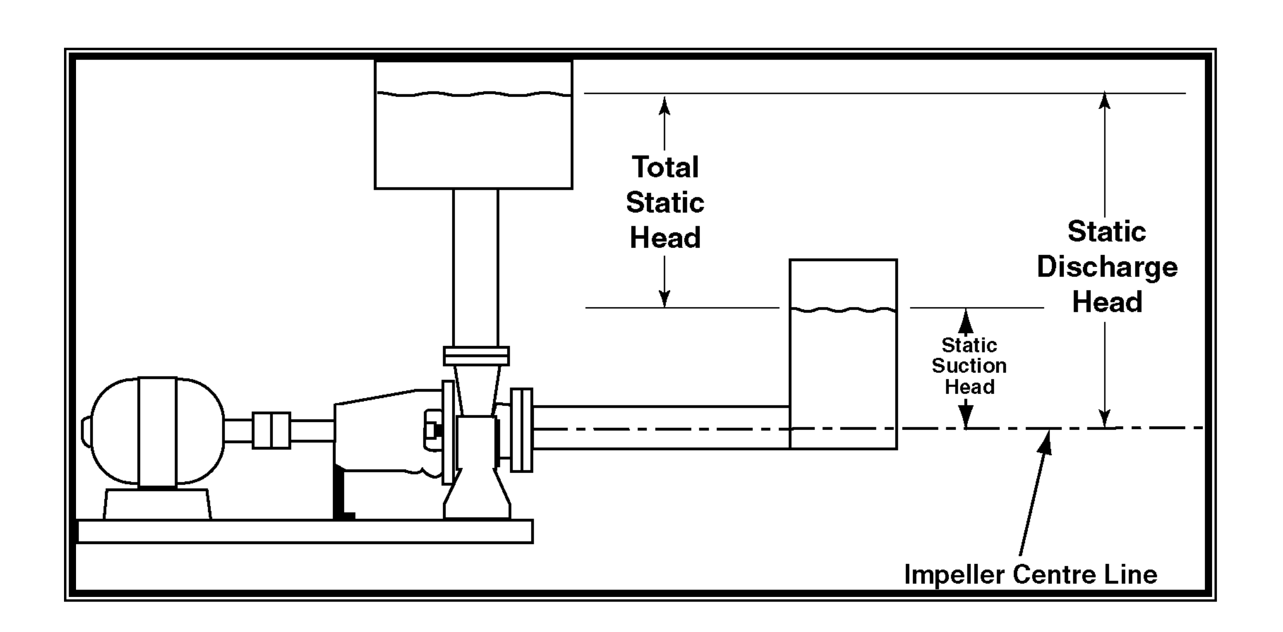
هو حجم السائل المار بالنسبة للزمن

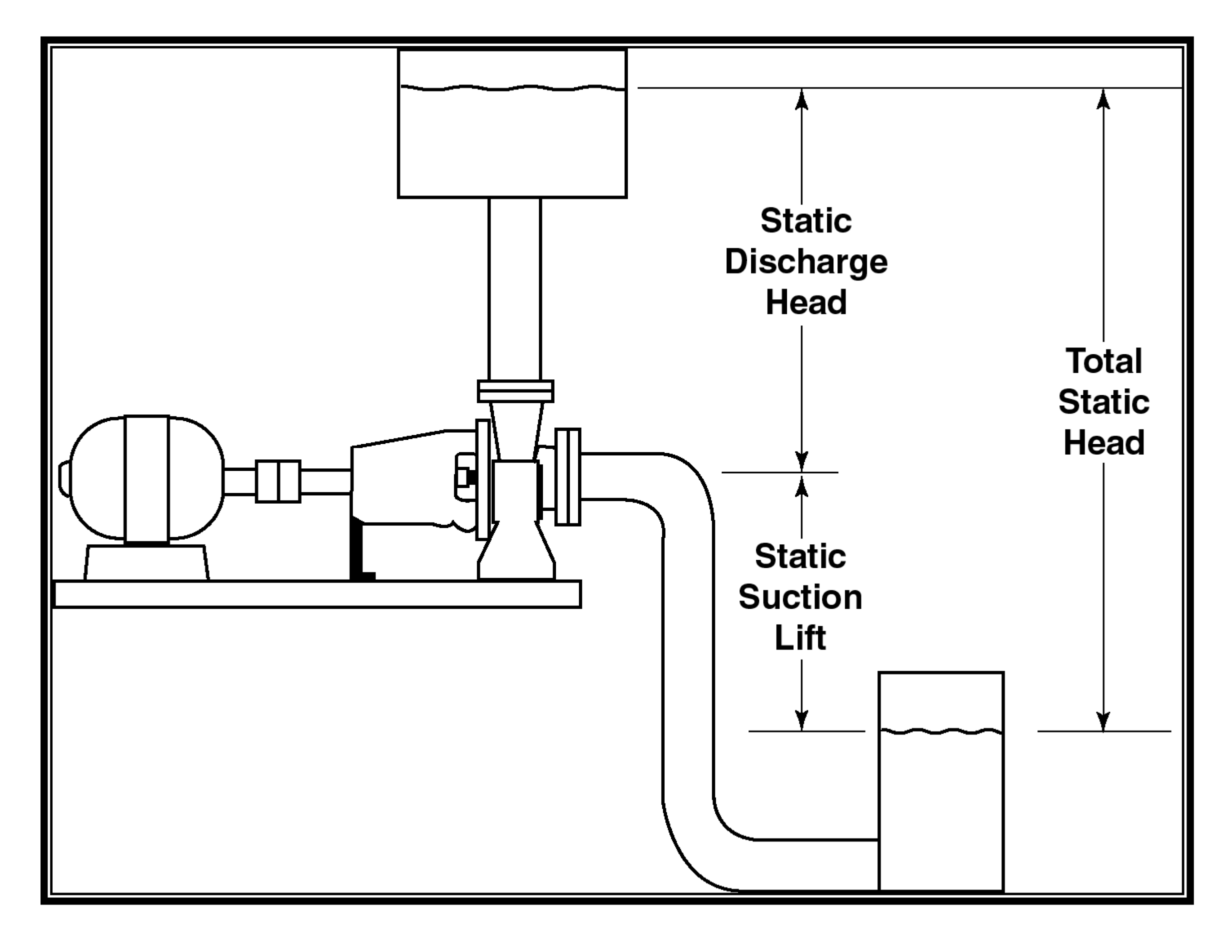
8- ضغط السحب SUCTION HEAD

هو قيمة ضغط المائع عند فتحة سحب المضخة و له حالتان

أ- الحالة الأولى إذا كانت المضخة تسحب من منسوب أعلى من منسوب محور مروحة المضخة و يسمى منسوب الضغط SUCTION HEAD

ب- الحالة الثانية إذا كانت المضخة تسحب من منسوب أقل من منسوب محور مروحة المضخة و يسمى منسوب الرفع SUCTION LIFT





SPECIFIC SPEED السرعة النوعية

السرعة النوعية عبارة عن تعبير أمكن منه ربط كل متغيرات المضخة تحت رقم واحد يعبر عن المضخة و ممكن التعبير عنها بالمعادلة الآتية

$$N_S = (N \times \sqrt{Q}) / H^{3/4}$$

حيث

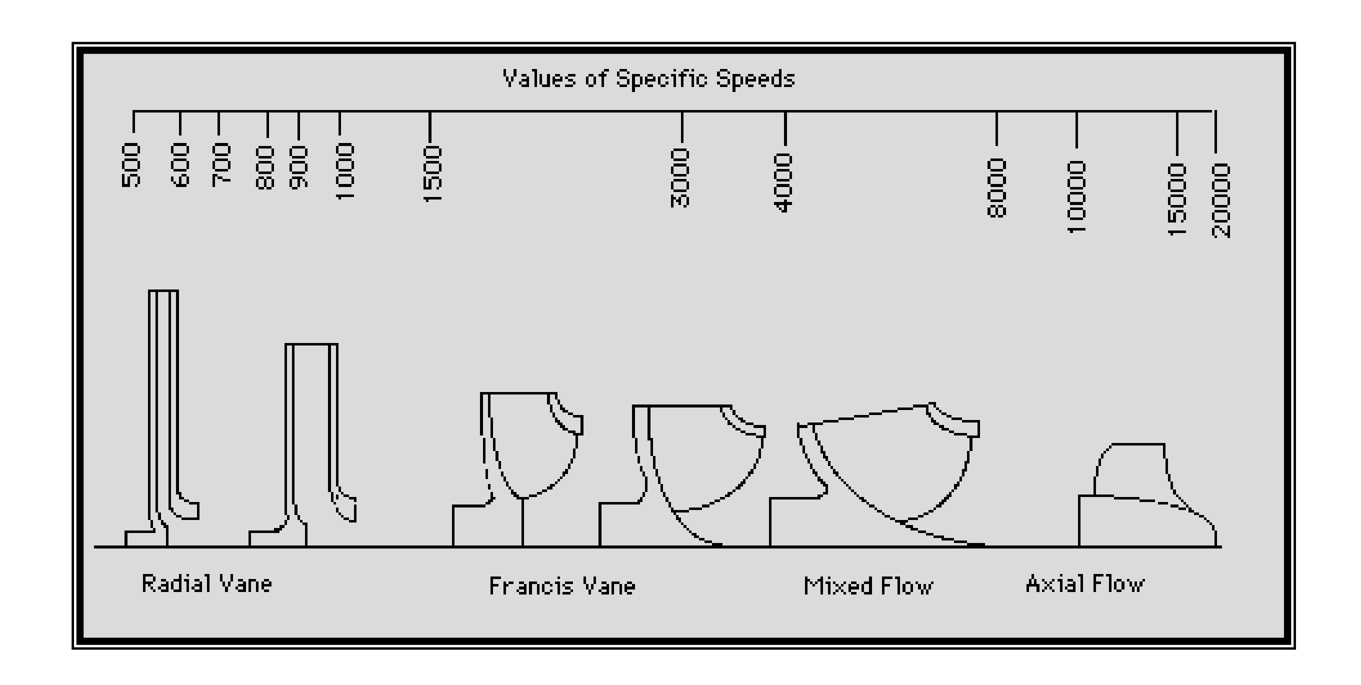
N_S : السرعة النوعية SPECIFIC SPEED

N : سرعة دوران مروحة المضخة (عدد اللفات فى الدقيقة)

Q : معدل تصرف السائل (بالمتر المكعب على الثانية) FLOW

H : إرتفاع عمود السائل (بالمتر) HEAD

وتعتبر السرعة النسبية من أهم الأرقام التى تدل على نوع المضخة و شكل المروحة فعند القيم الصغيرة للسرعة النسبية تكون المروحة قطرية والسرعات النسبية المتوسطة تكون المروحة ذات تدفق مختلط و عند القيم العالية جداً للسرعة تكون المروحة محورية



<u>العلاقة بتن الضغط و منسوب السائل PRESSURE , LEVEL RELATIONSHIP</u>

لو افترضنا أن هناك وعاء تم ملؤه بالسائل حتى ارتفاع H فإن الضغط الواقع على أى نقطه فى السطح السفلى للإناء تحسب من العلاقة الآتية

$$P = \rho \times g \times h$$

حيث

P : ضغط السائل

ρ : كثافة السائل

g : عجلة الجاذبية

h : ارتفاع عمود السائل

ومن الشكل أيضاً نجد أن الضغط عند النقطة

$$P_1 = \rho \times g \times h_1$$

ومن الشكل أيضاً نجد أن الضغط عند النقطة 2 يمكن حسابه من المعادلة الآتية

$$P_2 = \rho \times g \times h_2$$

وحيث أن $h_1 < h_2$

إذاً $P_1 < P_2$

وهذا يعنى أنه كلما يزداد منسوب أو ارتفاع عمود السائل زاد الضغط

<u>العوامل التى تؤثر على أداء المضخة</u>

1- تأثير السرعة على أداء المضخة

كلما أمكن تصميم المضخة المروحية لسرعة أكبر استطعنا الحصول على مضخات تعطى معدل أكبر و ضغط أعلى و كفاءة أعلى فمثلاً عند سرعة 1500 لفة / دقيقة لا يمكن الحصول على تصرف أعلى من (5.7 جالون / دقيقة و ضغط أعلى من 220 رطل / البوصة المربعة و كفاءة 23 %) و لكن تستطيع الحصول على (11.2 جالون / دقيقة و ضغط أعلى من 800 رطل / البوصة المربعة و كفاءة 40 %) لنفس المروحة عند سرعة 3000 لفة / دقيقة وعليه فإن تصميم المضخات لسرعات أعلى أمكن التوصل لمعدلات تصرف و ضغوط و كفاءات أفضل و بالتالى ينخفض حجم المضخة بالنسبة للقدرة المستهلكة بالحصان لإدارتها و ينعكس هذا على التكلفة المبدئية للمضخة و المحرك و تكلفة التشغيل بعد ذلك

2- تأثير الخلوص على أداء المضخة

للخلوص الذى يكونه حلقات الاحتكاك تأثير كبير على كفاءة المضخة و قدرتها على الوصول للتصرف المصممة علية فكلما زاد الخلوص كان كمية السائل الراجع من الطرد للسحب مرة أخرى من خلال هذا الخلوص بمثابة خسارة لأنة تم ضغطه مسبقا وسيتم

ضغطه مرة أخرى و كلما كان هذا الخلوص أقل كان السائل المار من خلاله أقل وبالتالى أمكن للمضخة تحقيق التصرف المطلوب بكفاءة أكبر

3- تأثير تقليل قطر المروحة على أداء المضخة

تصمم المضخات عادة بحيث تقبل لأغلفتها أقطار متنوعة للمروحة حتى نستطيع الاستجابة لأى تغير فى ظروف التشغيل و علية فإن تقليل قطر المروحة ينتج عن ذلك ضغط للطرد أقل و تصرف أقل و بالتالى كفاءة أقل

4- التكهف CAVITATION

تطلق كلمة تكهف عند تكون فقاعات أو جيوب مملوءه بالهواء أو الأبخرة أو الغازات أو خليط ما سبق داخل السائل وتحدث هذه الظاهرة عند أحد الأسباب الآتية

أ- تسرب الهواء لداخل المضخة عبر أحد أجزاءها مثل ثقب فى الغلاف أو غرفة الحشو أو المانع التسرب الميكانيكى أو أحد أنابيب السحب و يمكن حلها بمعالجة المكان الذى تسرب منه الهواء

ب- عندما تكون ظروف السحب مهيأة لتكون بخار السائل المضغوط من انخفاض لضغط السحب أو ارتفاع لدرجة الحرارة و نستطيع معالجة هذا الأمر بجعل ظروف السحب ظروف لا يتكون فيها بخار للسائل عبر التحكم فى الرقم الآتى (صافى الضغط الموجب للسحب NET POSITIVE SUCTION HEAD)

و عندما تكون هذه الجيوب و الفقاعات فى منطقة السحب فإنها تنجرف مع سريان السائل داخل المضخة ليعلو ضغطها بدورها كالسائل و لكن كونها فى حالة بخارية قابلة للانضغاط أكثر من السائل فإنها تستجيب بصورة أكبر لضغط السائل حولها و يصل ضغطها لحالته القصوى قبل الاصطدام بالمروحة لتصطدم بالمروحة كالقنبلة الدقيقة جداً مكونة نحراً فيها و مع انفجار عدد كبير من الفقاعات و استمرار هذه الظاهرة لفترة يسمع للمضخة صوت طرقات عالية جداً و اهتزازات و ينتج عن ذلك مشاكل كبيرة للمضخة و هى

- نحر و تآكل فى المروحة

- تدمير لكراسى التحميل
- اهتزازات و ضوضاء عالية
- انحناء لعمود الإدارة

5- صافى الضغط الموجب للسحب NET POSITIVE SUCTION HEAD (NPSH)

هو أقل ضغط سحب يمكن للمضخة أن تعمل عنده لتعطى الضغط و التصرف المطلوبين دون التعرض لظاهرة التكهف و لصافى الضغط الموجب نوعان

أ- صافى الضغط الموجب للسحب المطلوب NPSH (REQUIRED)

تقوم المصانع المنتجة للمضخات بتحديد صافى الضغط الموجب للسحب و الذى يمكن للمضخة أن تعمل عنده لتعطى الضغط و التصرف المطلوبين دون التعرض لظاهرة التكهف

ب- الضغط الموجب للسحب المطلوب NPSH (AVAILABLE)

بعد تصميم خط أنابيب سحب المضخة يمكن حساب الضغط عند آخره أى عند فتحة سحب المضخة بحيث يساوى أو أكبر من الضغط داخل المضخة حتى لا يحدث ظاهرة التكهف

NPSH (AVAILABLE) ≥ NPSH (REQUIRED)

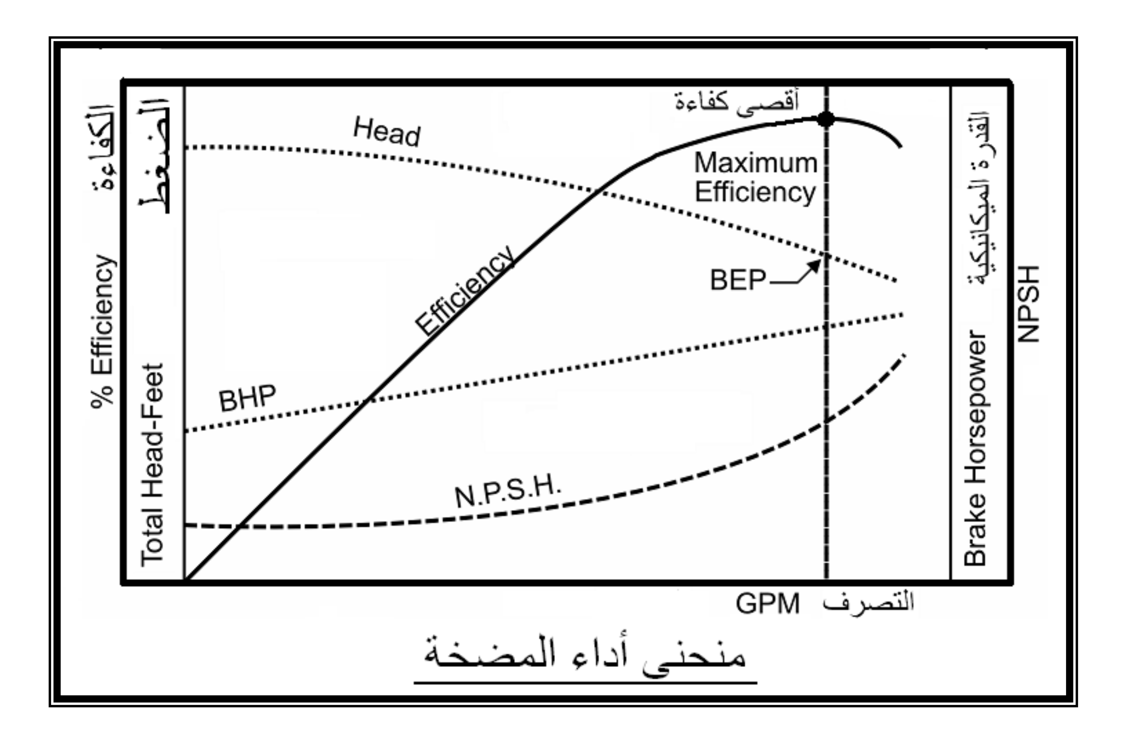
6- تأثير درجة الحرارة

يتأثر السائل المدفوع عبر المضخة عند زيادة درجة حرارته نظرا لما يتبع ارتفاع درجة الحرارة من إمكانية ظهور بخار للسائل عند هذا الضغط بعد الارتفاع فى الحرارة

7- اللزوجة

كلما زادت اللزوجة قلت كفاءة المضخة المروحية وفى هذه الحالة يمكن تسخين السائل قبل دخوله للمضخة

PUMP CHARACHETRISTIC CURVES منحنيات أداء المضخة

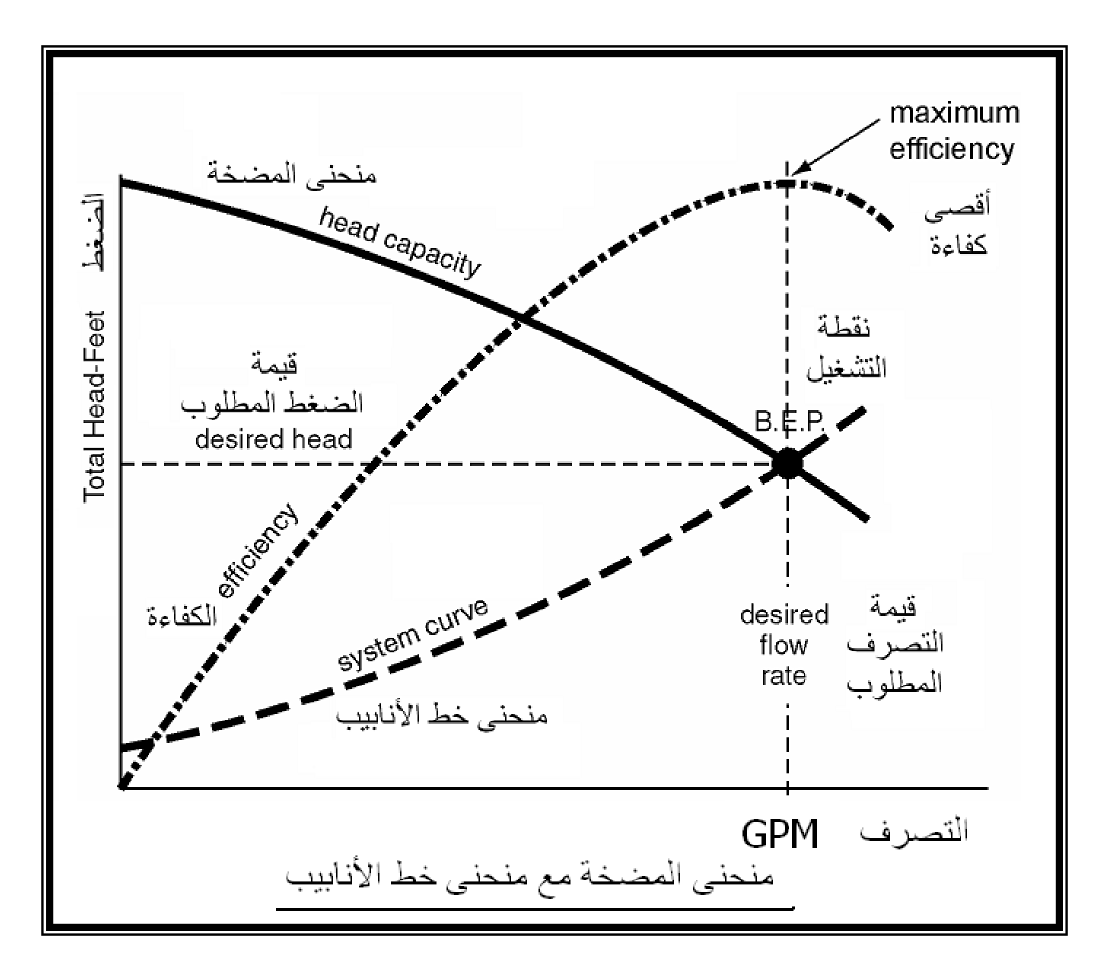


منحنيات أداء المضخة هى مجموعة منحنيات تبين طريقة استجابة المضخة للتغيرات من ضغط و كمية تصرف و مدى تأثير ذلك على القدرة الميكانيكية المستهلكة و الكفاءة وممكن استخلاص بعض النقاط المهمة من هذه المنحنيات

- إذا زادت كمية التصرف قل ضغط طرد المضخة
- إذا زادت كمية التصرف زادت القدرة الميكانيكية المستهلكة
- عند قيمة محددة لكل من الضغط و التصرف أقصى كفاءة للمضخة

OPERATING POINT نقطة التشغيل

هى عبارة عن الظروف المصمم عليها تشغيل المضخة من ضغط و كمية تصرف ولتحديد نقطة التشغيل يتم رسم منحنى خط أنابيب طرد المضخة مع منحنى أداء المضخة و عند نقطة التقاء المنحين تكون هذه النقطة هى نقطة التشغيل وعندها يتم النظر فى كفاءة المضخة عند هذه الظروف فإن كانت قريبة جداً من قيمة أقصى كفاءة كان اختيار المضخة مثالى أما لو كانت هذه الظروف بعيده عن أقصى كفاءة يتم اختيار مضخة أخرى ليتم مقارنة نقطة التقائها مع منحنى خط الطرد مع الكفاءة و هكذا حتى نصل لأقرب نقطة تشغيل لأقصى كفاءة

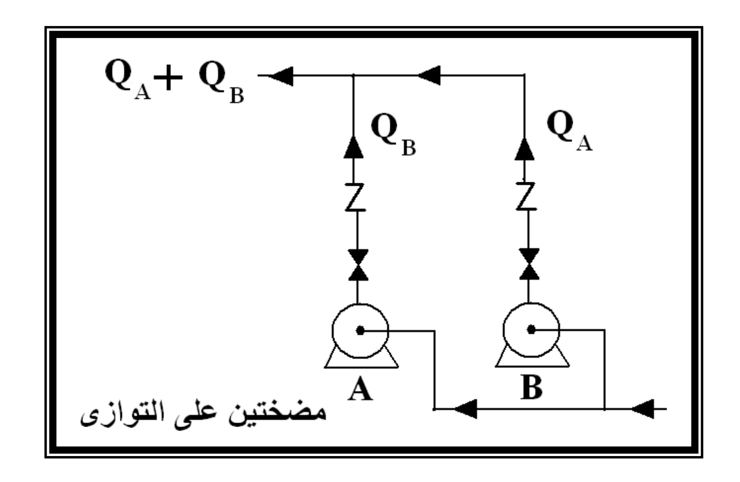


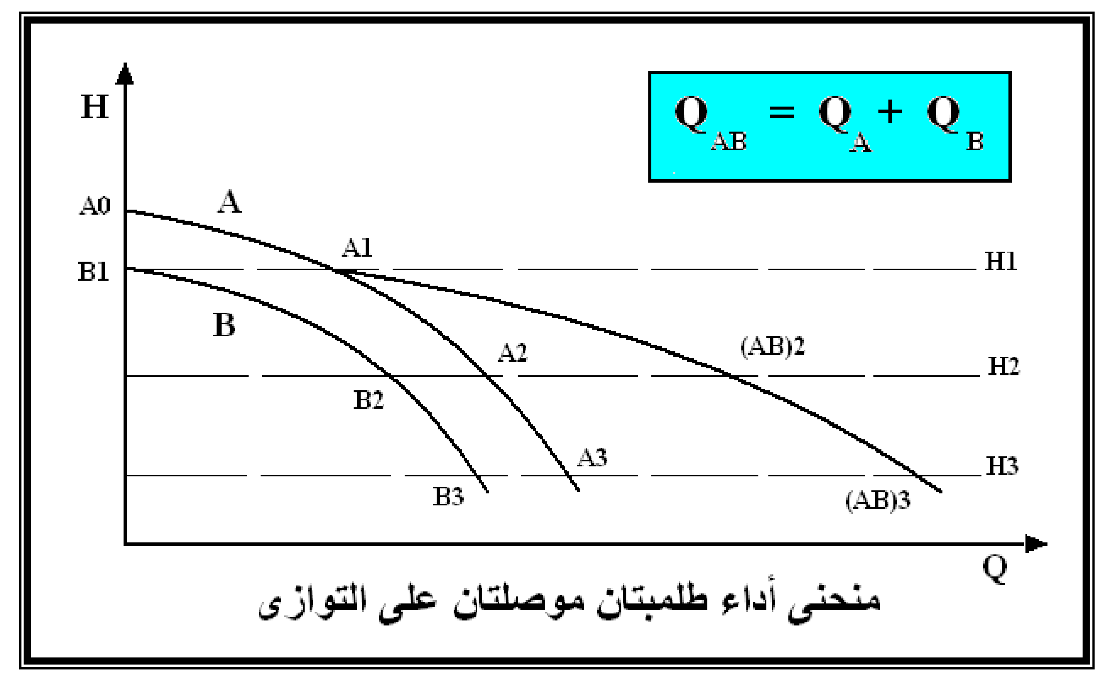
طرق تشغيل مجموعة من المضخات

فى محطات الضخ الكبيرة دائما ما يكون الحاجة للحصول على ضغوط عالية أو كميات تصرف كبيرة لا تكفى مضخة واحدة لتنفيذ هذه المهام و بالتالى يتم الاستعانة بمجموعة من المضخات و يم ربطهم ببعض على التوالى أو على التوازى حسب تصميم محطة المضخات

1. التشغيل على التوازى PARALLEL OPERATION

فى هذه الطريقة يمكن تشغيل مضخات متقاربة فى الضغط و يتم توصيل جميع خطوط السحب بمجمع واحد و توصيل جميع خطوط الطرد بمجمع واحد أيضا أو على خط طرد المحطة وبهذه الطريقة نجد أن الضغط الناتج قريب جداً من ضغط المضختين بينما كمية التصرف هى مجموع ما يمكن أن تصرفه كل مضخة منفردة

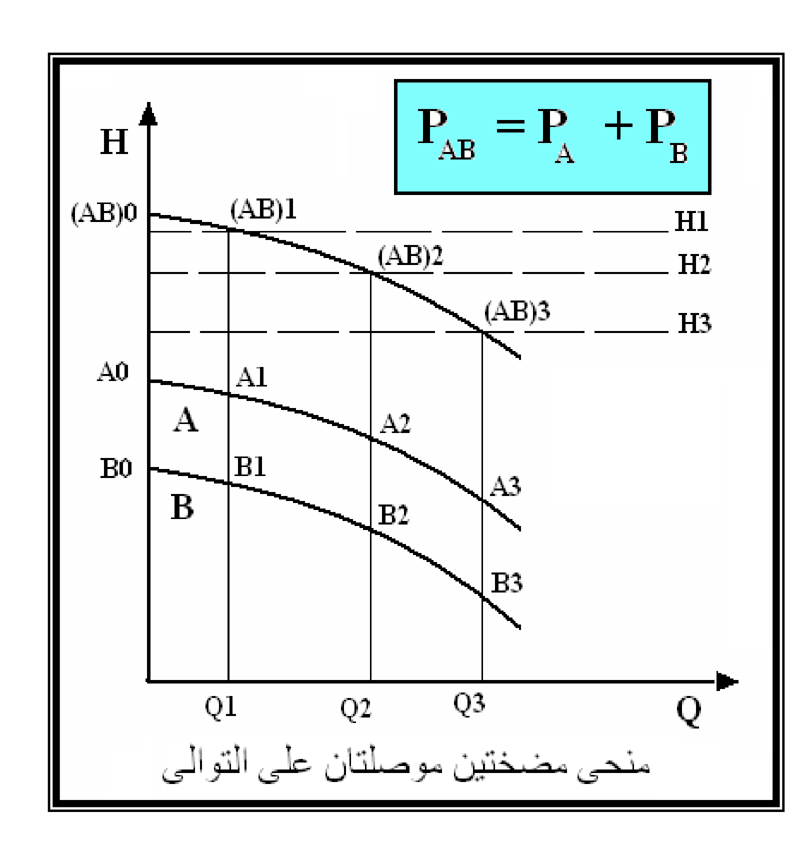


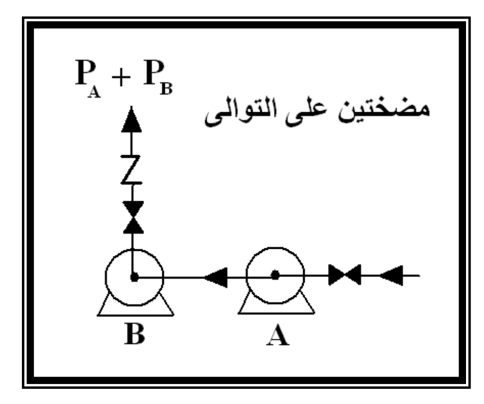


فمثلاً كما فى الشكل السابق لو تم توصيل مضخة **A** مع مضخة **B** على التوازى كان المنحنى الناتج للمضختين هو المنحنى الواصل من **[A0 – A1 - (AB)2 – (AB)3]**

2. التشغيل على التوالى SERIES OPERATION

فى هذه الطريقة يمكن تشغيل مضخات متقاربة فى كمية تصرفها و يتم توصيل طرد المضخة الأولى سحب المضخة الثانية وبهذه الطريقة نجد أن كمية التصرف الضغط الناتج قريب جداً من ضغط المضختين بينما الضغط هى مجموع ما يمكن أن تضغطه كل مضخة منفردة





فمثلاً كما فى الشكل السابق لو تم توصيل مضخة A مع مضخة B على التوالى كان المنحنى الناتج للمضختين هو المنحنى الواصل من **[A0 – (AB)1 - (AB)2 – (AB)3]**

الفصل الرابع : المضخات إيجابية الإزاحة

المضخات ذات الإزاحة الموجبة
POSITIVE DISPALCEMENT

- دوارة ROTARY
  - مكبس PISTON
  - لقم منزلقة SLIDE VANE
  - فصوص LOBE
  - حلزونية SCREW
  - ترسية GEAR
- ترددية RECIPROCATING
  - غشاء مرن DIAPHRAGM
  - كباس PLUNGER
  - مكبس PISTON
  - (كباس / مكبس):
    - مزدوجة التأثير DOUBLE ACTING
    - ذاتية التأثير SINGLE ACTING

وللمضخات الإيجابية قسمين رئيسيين

- مضخات ذات حركة ترددية RECIPROCATING PUMPS
- مضخات ذات حركة دورانية ROTARY PUMPS

1- مضخات ذات حركة ترددية RECIPROCATING PUMPS

تعتمد فكرة هذه المضخات على غرفة محكمة يتحرك فيها عضو بشكل ترددى بحيث يتحكم أثناء تردده فى حجم هذه الغرفة فإذا تحرك هذا العضو حركة تسببت فى نقصان الضغط داخل الغرفة عن خط السحب قام بسحب السائل لداخل الغرفة من خلال صمام السحب حتى تنعكس الحركة ليقوم العضو بتقليل حجم الغرفة طارداً بذلك ما بداخل الغرفة من سائل إلى خط الطرد عبر صمام الطرد

ومن الأنواع الرئيسية فيها المضخة ذات المكبس وذات الكباس و المضخة ذات الغشاء

مضخات الكباس PLUNGER PUMPS

و مضخات المكبس PISTON PUMPS

فكرة العمل

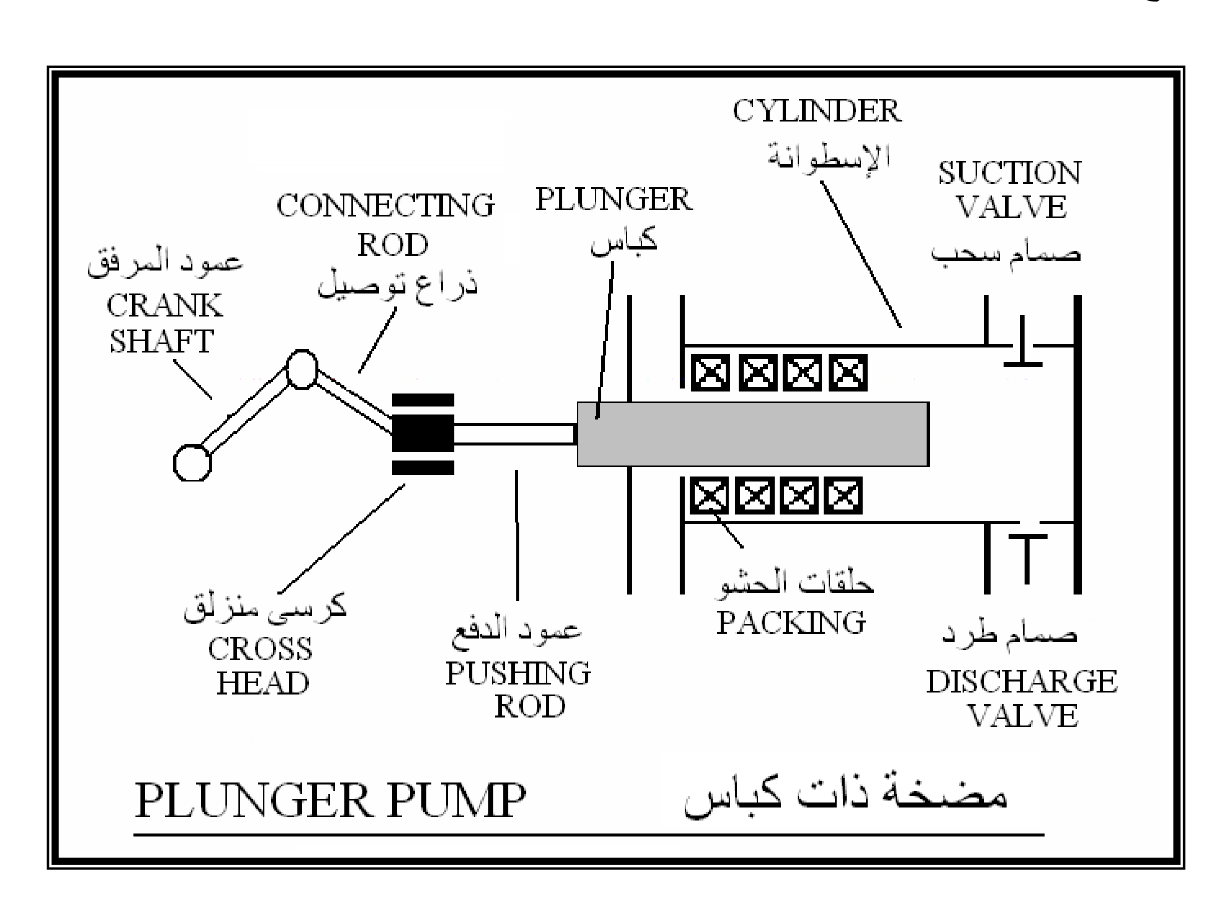
تتكون هذه المضخات من غرفة اسطوانية CYLINDER يتردد داخلها عمود اسطوانى أو الكباس و تسمى فى هذه الحالة PLUNGER PUMP أو مكبس و تسمى فى هذه الحالة PISTON PUMP فإذا ما تحرك العمود خارجاً من الاسطوانة سميت هذه الحركة مشوار السحب SUCTION STROKE فيزداد حجم الغرفة و ينخفض ضغطها فينفتح صمام السحب و ينغلق صمام الطرد و يدخل السائل للغرفة فيملأها و عندما يتحرك العمود داخلاً الاسطوانة سميت هذه الحركة مشوار الطرد DISHARGE STROKE فيقل حجم الغرفة و يزداد ضغطها فينغلق صمام السحب و ينفتح صمام الطرد و يخرج السائل من الأسطوانة

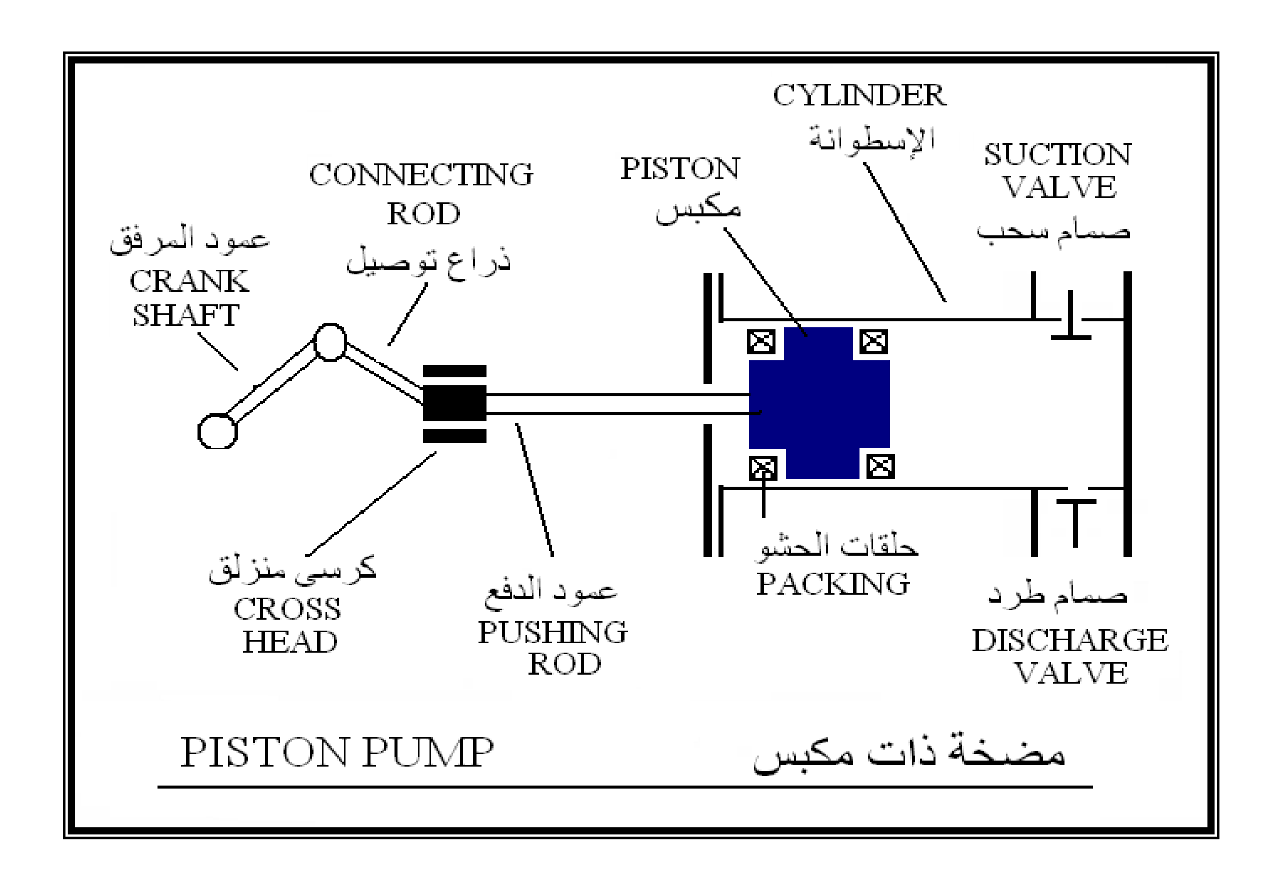
طريقة العمل

عندما يتحرك عمود المرفق CRANK SHAFT حركة دورانية يقوم ذراع التوصيل CONNECTING ROD بتحويل الحركة الدورانية إلى حركة ترددية للكرسى المنزلق CROSS HEAD الذى يدفع معه الكباس PLUNGER أو المكبس PISTON إلى داخل الاسطوانة CYLINDER

و أثناء الحركة لخارج الاسطوانة (مشوار السحب) SUCTION STROKE ينخفض ضغط الاسطوانة عن ضغط السائل فى ماسورة السحب فينفتح صمام السحب و ينغلق صمام الطرد و يملأ السائل الاسطوانة

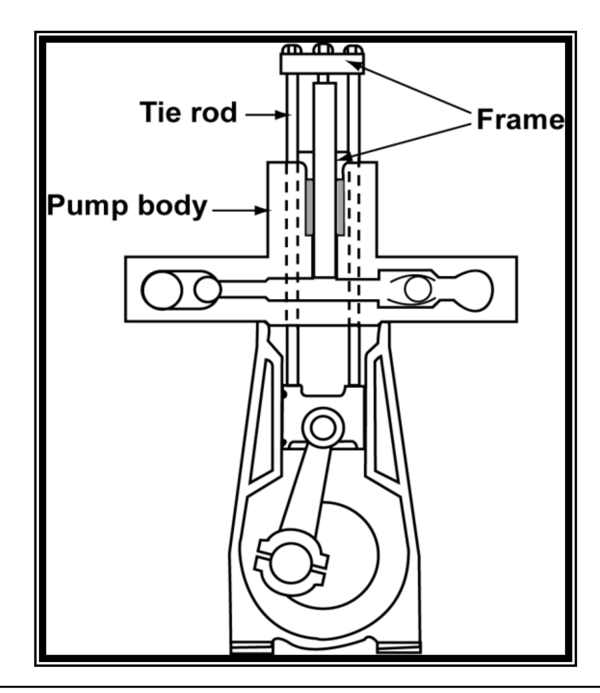
و أثناء الحركة لداخل الاسطوانة (مشوار الطرد) DISHARGE STROKE يزداد ضغط الاسطوانة عن ضغط السائل فى ماسورة الطرد فينفتح صمام الطرد و ينغلق صمام السحب و يخرج السائل من الاسطوانة لخط الطرد



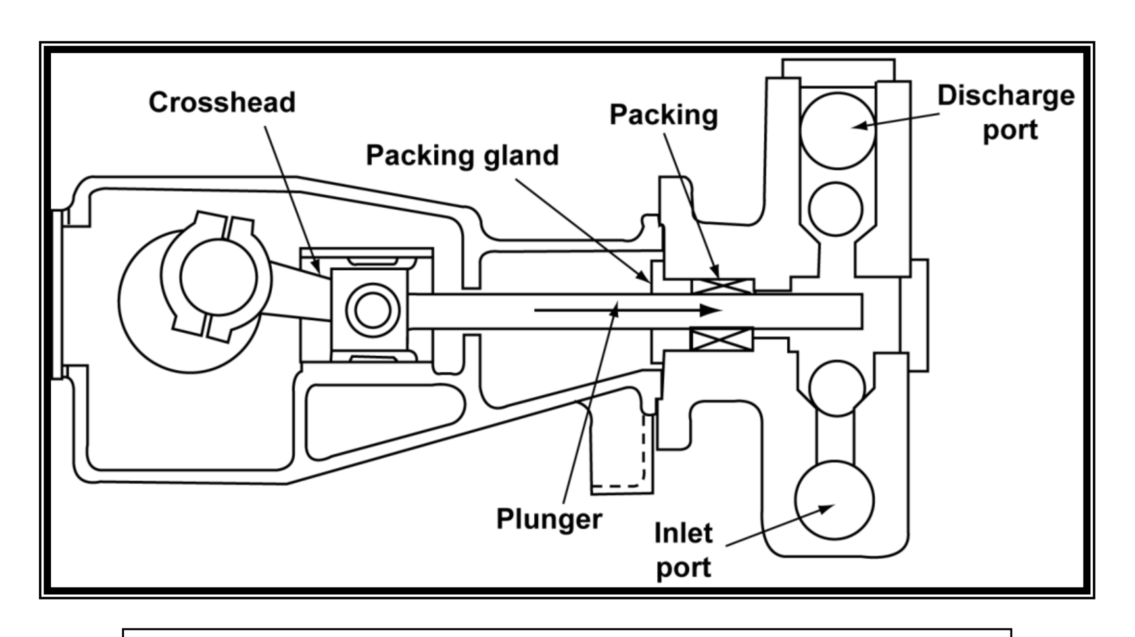


MOVEMENT PLAN مستوى الحركة

تصمم المضخات الترددية إما رأسية أو أفقية و الميزة الوحيدة للمضخات الرأسية أن حركتها الرأسية منعت تأثير وزن الكباس على الجانب السفلى على حلقات حشو مانع التسرب



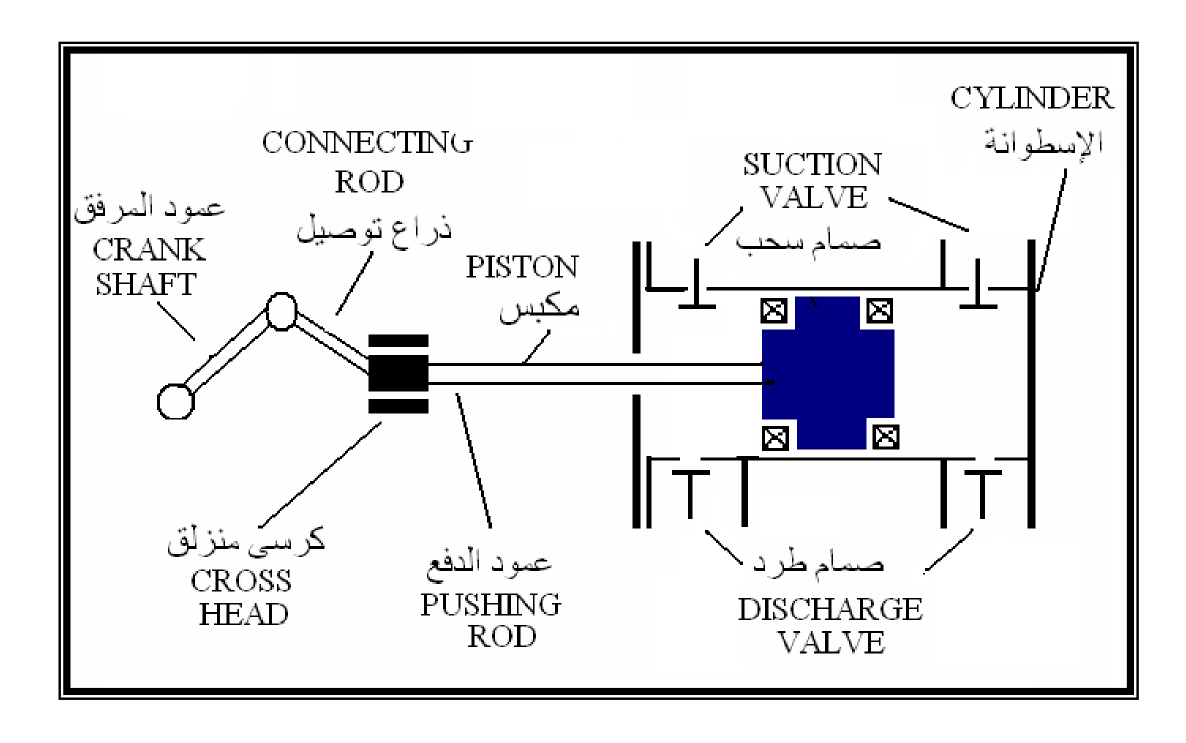
VERTICAL PLUNGER PUMP مضخة ذات كباس رأسية

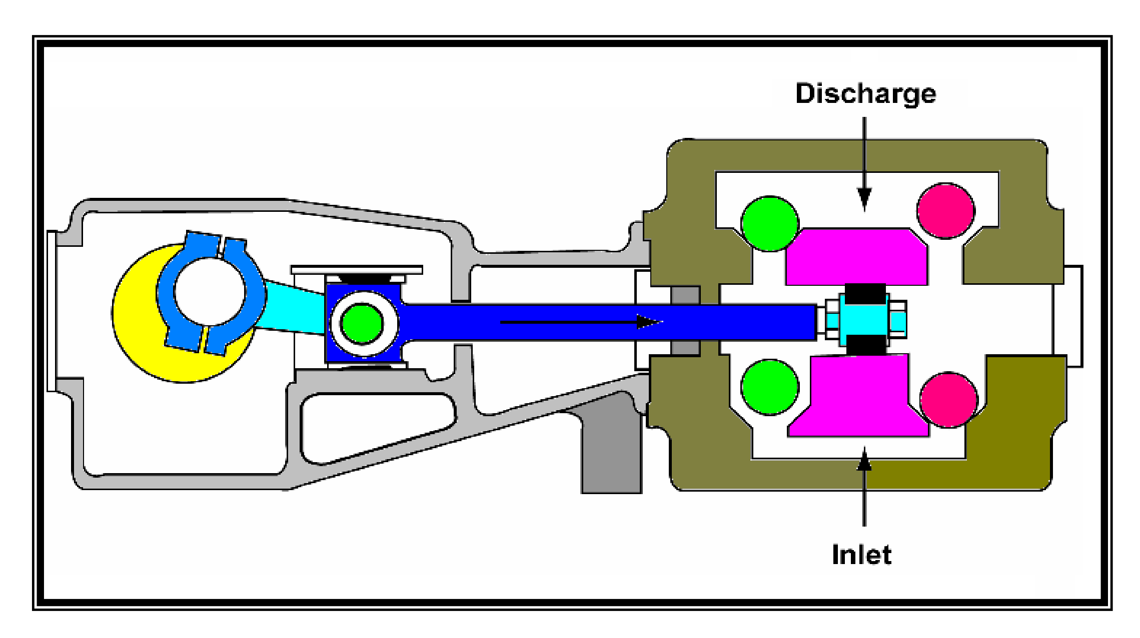


HORIZONTAL PLUNGER PUMP   مضخة ذات كباس أفقية

DOUPLE ACTING RECIPROCATING PUMP   المضخة الترددية مزدوجة التأثير

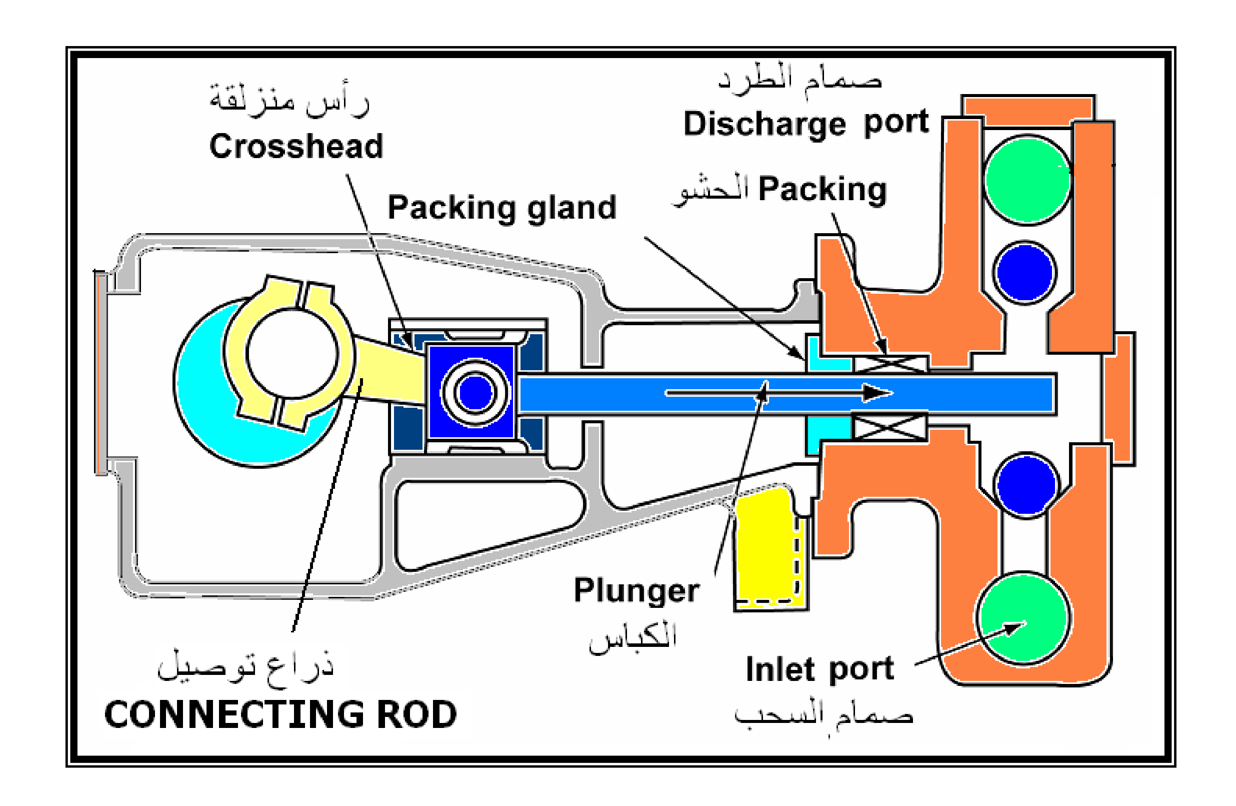
نظراً لوجود شوطين (سحب و طرد) فى عمل المضخة الترددية فإن التصرف الناتج عنها متقطع و لحل هذه المشكلة تم تصميم المضخة الترددية مزدوجة التأثير و تطلق كلمة مزدوجة التأثير على المضخة التى تقوم بإجراء عمليتى السحب و الطرد فى آن واحد فى المشوار الواحد بدلاً من مشوارين حيث يتميز تركيبها بوجود الكباس بوسط الاسطوانة ليقوم بتقسيمها لقسمين كل قسم فيهما يحتوى على صمامين أحدهما للسحب و الآخر للطرد وبذلك عندما يتحرك الكباس داخلاً لأحد نصفى الاسطوانة ضاغطاً لها و فى نفس الوقت يخرج من نصف الاسطوانة الآخر ليقو بعملية السحب فى أحد النصفين و الطرد فى النصف الآخر ثم العكس و هكذا





الأجزاء الرئيسية للمضخة المكبسية

PISTON OR PLUNGER	**1.** المكبس أو الكباس
CRANK SHAFT	**2.** عمود المرفق
CYLINDER	3. الاسطوانة
CROSS HEAD	**4.** الرأس المنزلقة
CONNECTING HEAD	**5.** ذراع التوصيل
DISCHARGE PORT (VALVE)	**6.** صمام الطرد
SUTION PORT (VALVE)	**7.** صمام السحب
PACKING	**8.** حلقات الحشو



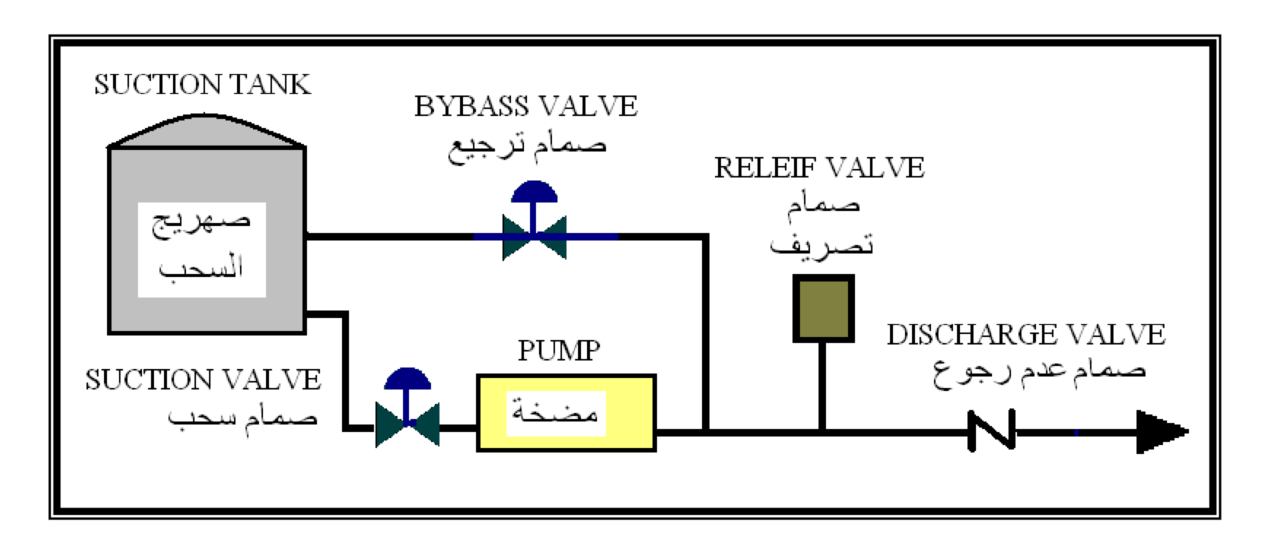
ملحقات المضخة المكبسية الترددية

1. صمام التصريف RELEIF VALVE

تتعرض المضخات أثناء التشغيل إلى زيادة فى ضغط التشغيل عما صممت عليه المضخة و لهذا يجب تزويد المضخة الترددية بصمام تخفيف لضغط الطرد عندما تتخطى الزيادة المتوقعة لضغط التشغيل

2. صمام الترجيع BYBASS VALVE

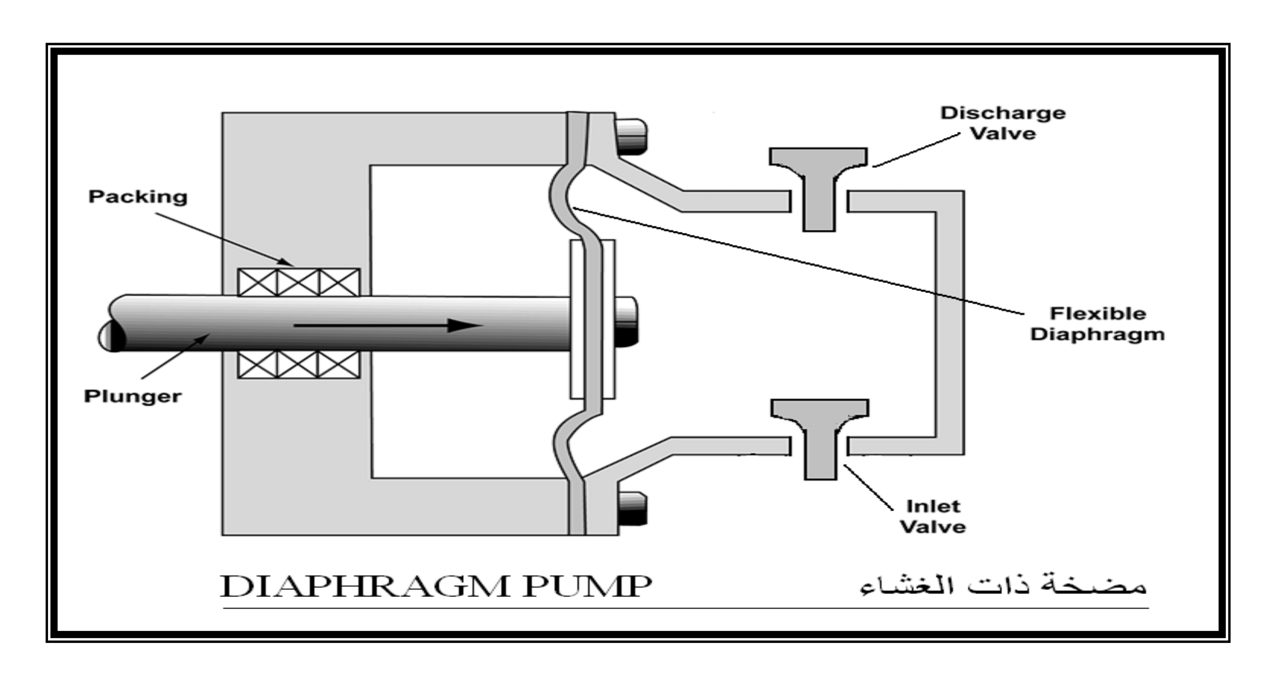
عند بدء إدارة المضخة الترددية فإنها تواجه الحمل مباشرة و بالتالى تواجه الأجزاء المتحركة بها لإجهادات شديدة قد تتسبب فى كسرها كما أن محرك المضخة لا يمكن تحميله بحمل مفاجىء قد يتسبب فى خلل لأدائه ولذلك يجب تركيب صمام ترجيع بين خطى السحب و الطرد بحيث تبدأ المضخة فى الدوران صمام السحب مفتوح و صمام الطرد مغلق و صمام الترجيع مفتوح ثم يتم فتح صمام الطرد تدريجياً مع غلق صمام الترجيع وبالتالى يتم تحميل المضخة تدريجياً



DIAPHRAGM PUMPS مضخات ذات الغشاء

تم تصنيف هذه المضخات ضمن مضخات الإزاحة الموجبة POSITIVE DISPLACEMENT PUMPS حيث تعتمد هذه المضخات على غشاء مطاط مرن مثبت من محيطه بشكل محكم ضد التسريب و هذا الغشاء يكون بمثابة غطاء حاكم لغرفة ضغط معدنية بها سائل و بها فتحتين إحداهما لدخول السائل و الأخرى لخروج السائل و الغشاء يتحرك حركة ترددية من خلال وسيلة ميكانيكية مثل عمود المرفق أو كامة لا مركزية أو سائل أو هواء مترددد الضغط و يتحكم فى دخول السائل و خروجه من غرفة الضغط صمامى عدم رجوع أحدهما فى جهة السحب و الآخر فى جهة الطرد و الخاصية المميزة لهذه المضخات أنها لا يحدث فيها تسريب للسائل وذلك لعدم الحاجة إلى مانع للتسرب لعدم وجود مكبس أو كباس يتردد داخل غرفة الضغط لذلك يمكن استخدامها فى التطبيقات التى تشترط عدم تسرب السائل أثناء عملية الضخ كما إنها تعتبر مضخة ذاتية التحضير و يمكنها أن تعمل دون وجود سائل فى خط السح بدون أن يحدث فيها تلف

و يتم تحريك الغشاء عن طريق حركة ميكانيكية أو بواسطة الهواء المضغوط



المضخات الغشائية المدارة ميكانيكياً

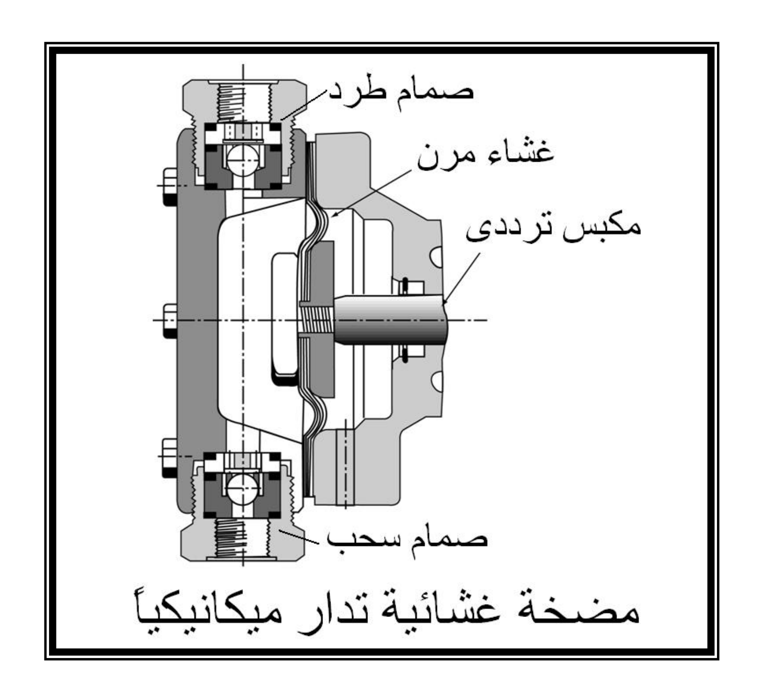
المضخات الغشائية المدارة ميكانيكياً تشبه لحد كبير المضخات المكبسية فى وجود مكبس مثبت فى خلف الغشاء ليقوم بتحريكه الحركة الترددية المطلوبة

وكما فى المضخة تتم دورة مضخة الغشاء على مشوارين أحدهما مشوار السحب عندما يتحرك الغشاء ويزداد حجم غرفة الضغط فينخفض الضغط داخلها عن ضغط خط السحب فيفتح صمام السحب ويغلق صمام الطرد و تمتلئ بذلك غرفة الضغط

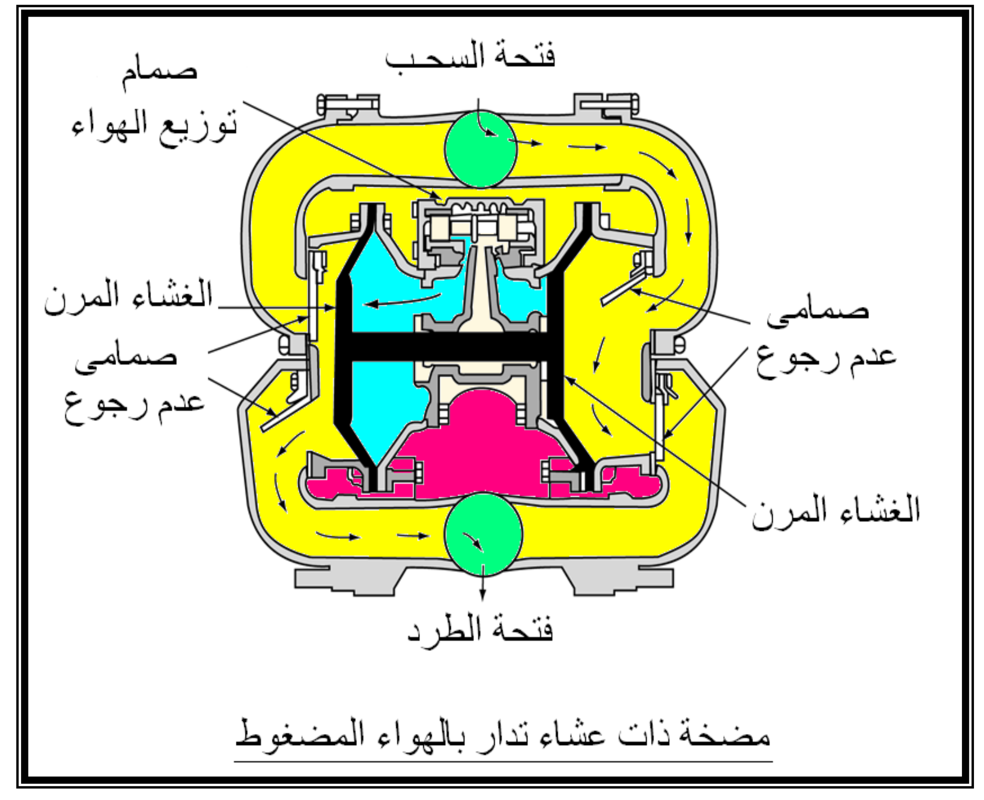
و المشوار الآخر هو مشوار الطرد عندما يتحرك الغشاء للجهة العكسية و يقل حجم غرفة الضغط فيزداد الضغط داخلها عن ضغط خط الطرد فيفتح صمام الطرد ويغلق صمام السحب ليتم طرد السائل فى خط الطرد و قد تصمم هذه المضخات بحيث يتم استغلال الحركة الترددية للكباس فى تشغيل غشاء ليكون مشوار السحب فى أحد الغشاءين هو طرد فى الغشاء الآخر و هكذا وتستخدم هذه المضخات فى نزح المياه و الرواسب عند صب الخرسانات فى المياه و فى محطات معالجة الصرف الصحى و فى ضخ الطينة الجيرية

المضخات الغشائية المدارة بالهواء المضغوط

وعادة مل تكون هذه المضخات ذات غشاء مزدوج و تعتمد طريقة عملها على وجود غرفتان للمضخة مثبت فى كل منهما من حافته الخارجية غشاء مطاطى و الغشاءين متصلان من منتصفهما بعمود و المضخة مزودة بصمام رباعى لتوزيع الهواء على الغرفتين بشكل تبادلى حتى يحقق السحب فى أحد النصفين بينما النصف الآخر يكون فى حالة طرد وهكذا



مضخة غشائية تدار ميكانيكياً



مضخة ذات عشاء تدار بالهواء المضغوط

عيوب المضخات ذات الغشاء

1. لا يمكنها ضخ معدلات كبيرة
2. الضغوط الناتجة ضعيفة حتى 8.5 بار

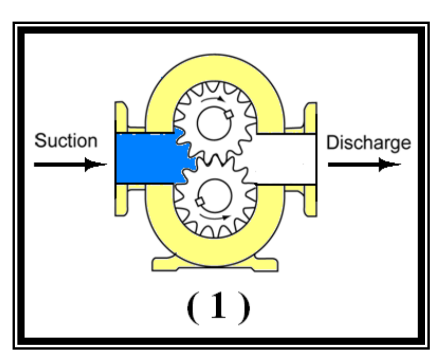
مميزات المضخات ذات الغشاء

1. لا تحتاج إلى تحضير
2. لا ينتج عنها أى تسريب
3. يمكن أن تعمل و خط الطرد مغلق تماما
4. يمكن استخدامها فى الأماكن المحدودة
5. يمكنها ضخ السوائل اللزجة جدا و العجائن
6. يمكنها ضخ السوائل التى تحتوى على حبيبات صلبة
7. عمليات الصيانة بها بسيطة
8. يمكنها نقل المواد الكيميائية المركزة
9. لا تحتاج إلى وصلات محورية و شاسيه و عمليات ضبط

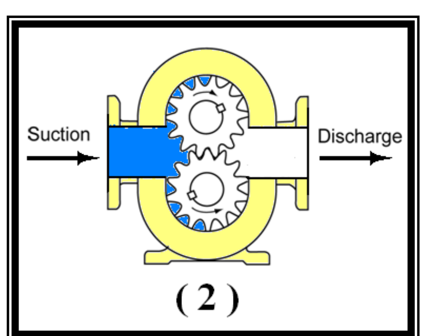
2- مضخات ذات حركة دورانية ROTARY PUMPS

سميت هذه المضخات بهذا الاسم لأنها تعتمد على الحركة الدورانية للسائل من جهة السحب إلى جهة الطرد حيث يملأ السائل القادم من جهة السحب غرف صغيرة موزعة على العضو الدائر و بدورانه تنغلق هذه الغرف بإحكام على السائل و باستمرار الدوران تصل هذه الغرف إلى جهة الطرد فتنفتح بصورة تلقائية لتدفع السائل الموجود بها جهة الطرد ثم تعود فارغة مرة ثانية جهة السحب و تتكرر هذه الدورة على ثلاث مراحل هى على الترتيب

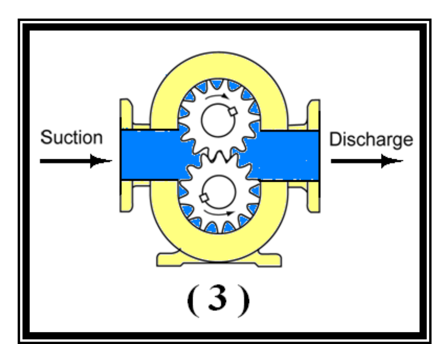
1) غرفة السائل مفتوحة جهة السحب فقط
2) غرفة السائل مغلقة عن السحب و الطرد
3) غرفة السائل مفتوحة جهة الطرد فقط



(1)



(2)



(3)

1- المضخات الترسية GEAR PUMP

مضخة التروس هى مضخة دوارة يستخدم فيها ترس أو أكثر معشقين معاً لإتمام عملية الضخ و يستقبل أحد هذه التروس الحركة من المحرك و بواسطة التعشيق يقوم بإدارة التروس الأخرى و التروس يدور فى غلاف محكم يحول دون عودة السائل المضغوط من خلال السطح الداخلى للغلاف من جهة الطرد إلى جهة السحب كما أن التعشيقة بين أسنان الترسين تقوم بعمل مانع تسرب من جهة السحب إلى جهة الطرد من بين الترسين و يوجد نوعان من هذه المضخات هما

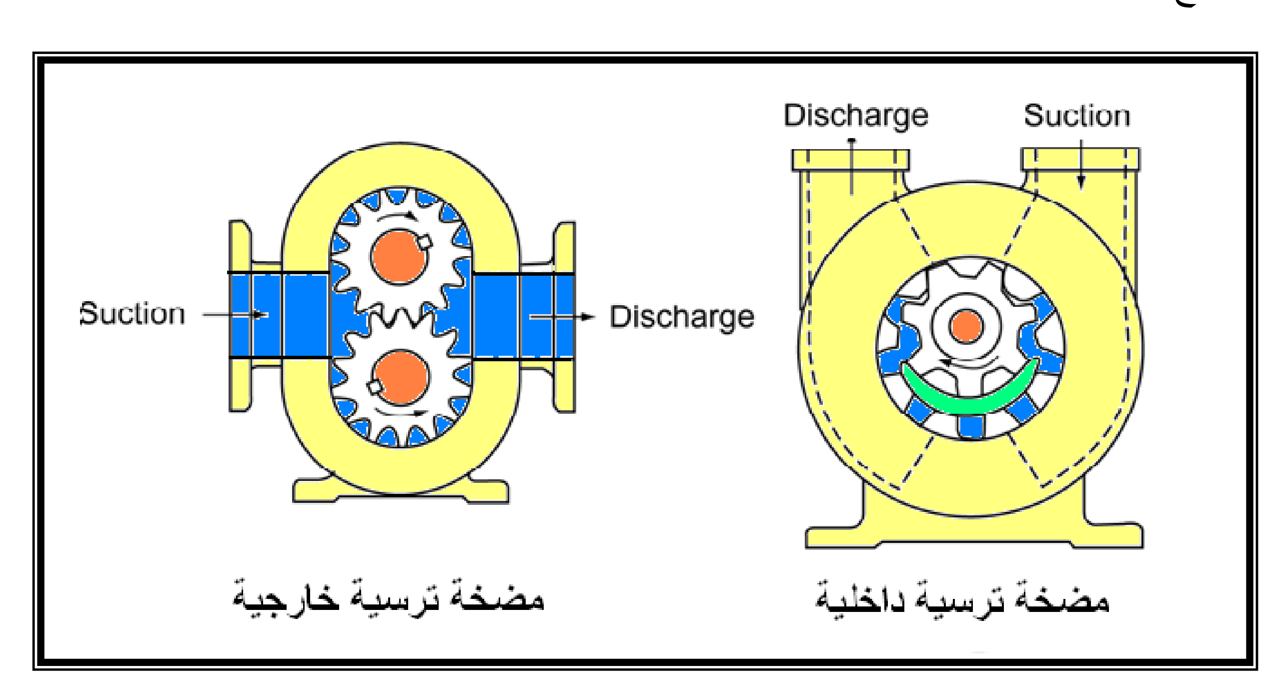
مضخات التروس الخارجية EXTERNAL GEAR PUMPS

سميت المضخة بهذا الاسم لأن أسنان التروس المستخدمة تكون متراصة خارج أسنان الترس حيث يدخل السائل إلى المضخة من جهة السحب و يملئ التجويف بين أسنان الترسين المواجهة له و عندما يدور أحد الترسين يدور الأخر فى عكس اتجاهه و يغلق التجويف بواسطة السطح الداخلى للغلاف و يحبس السائل داخل التجويف حتى يبدأ السطح الخارجى للسنة الأولى للتجويف فى الابتعاد عن سطح الغلاف عند مخرج الطرد فيزاح السائل الموجود بالتجويف إلى طرد المضخة

مضخات التروس الداخلية ENTERNAL GEAR PUMPS

سميت المضخة بهذا الاسم لأن أحد الترسين تكون أسنانه داخلية و هو الترس الخارجى مع ملاحظة وجود جزء ثابت من جسم المضخة على شكل هلال يفصل تجاويف خمسة أسنان من الترس الخارجى عن تجاويف ثلاثة أسنان للترس الداخلى و فى هذه المضخة يدخل السائل من جهة السحب ليملأ التجاويف المقابلة له فى الترسين الداخلى و الخارجى و عندما يدور الترس الداخلى يدور معه الترس الخارجى فى نفس اتجاه الدوران من خلال التعشيقة المواجهة للهلال من الناحية الأخرى لمركز الدوران و التى تلامس الغلاف لتحول دون رجوع السائل من

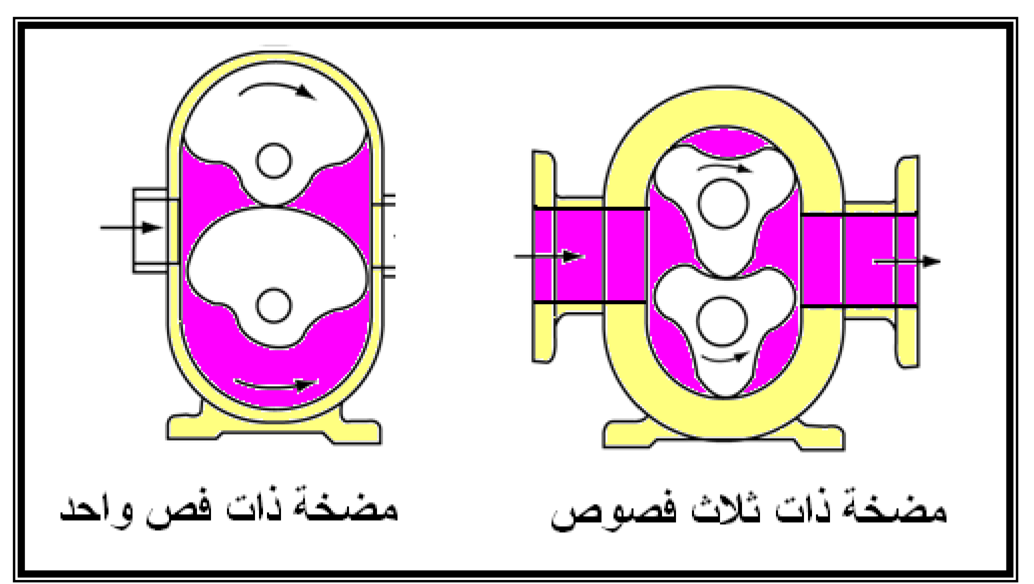
الطرد للسحب و باستمرار الدوران تتحرك التجاويف حتى تبدأ فى مواجهة الهلال فتغلق تماما و تستمر مغلقة حتى نهاية الهلال حيث تنفتح تجاويف كلاً من الترسين على الطرد فتزيح ما بها من سائل إلى جهة الطرد و باستمرار الدوران تعود التروس للتعشيق و إحكام غلق المسار أمام السائل للعودة إلى جهة السحب و باستمرار الدوران ينفصل التعشيق ليكشف عن التجاويف لتمتلئ ثانية من جهة السحب و هكذا تتكرر العملية و تستمر المضخة فى السحب و الضخ



المضخات ذات الفصوص LOBE PUMPS

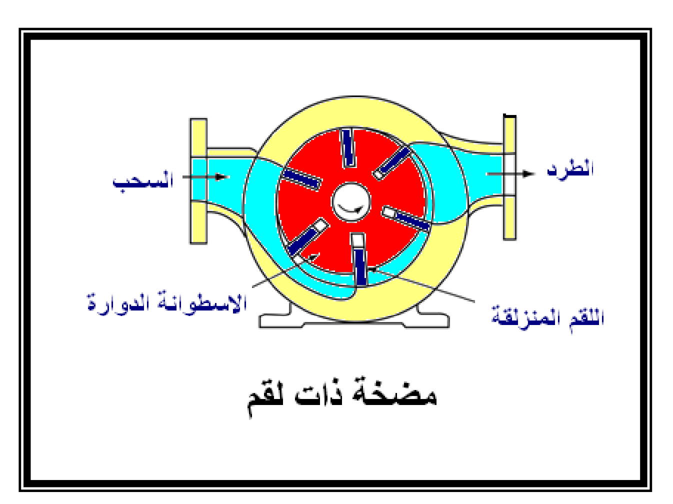
اشتق اسمها من النموذج الدائرى لسطح العضو الدائر و المشابه لشكل فصوص البقوليات و الذى يسمح بتلامس مستمر بين سطحى العضوين الدائرين أثناء التشغيل

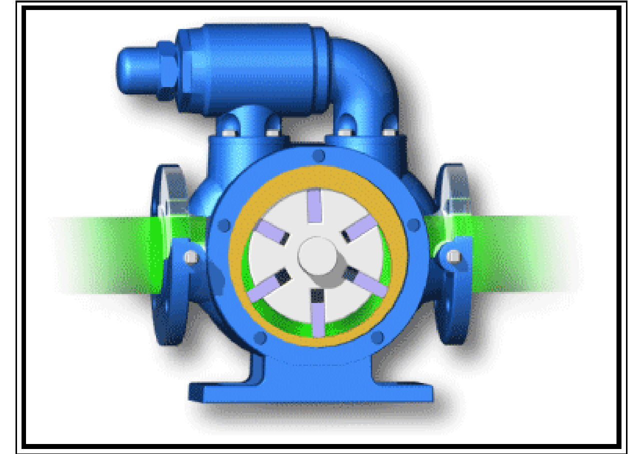
يدور فيها كل مص بواسطة عمود خاص و لا يدور منقاداً للعمود الأخر و لذلك يزود العمودان بترسين معشقين خارج غرفة الضغط لربط حركة العمودين ببعض و يقوم كل فص بإزاحة السائل المحصور بين تجويفه و غلاف المضخة من جهة السحب لجهة الطرد أما تلامس الفصين عند المنتصف فيقوم بدور مانع تسرب من جهة الطرد لجهة السحب



المضخة ذات اللقم VANS PUMPS

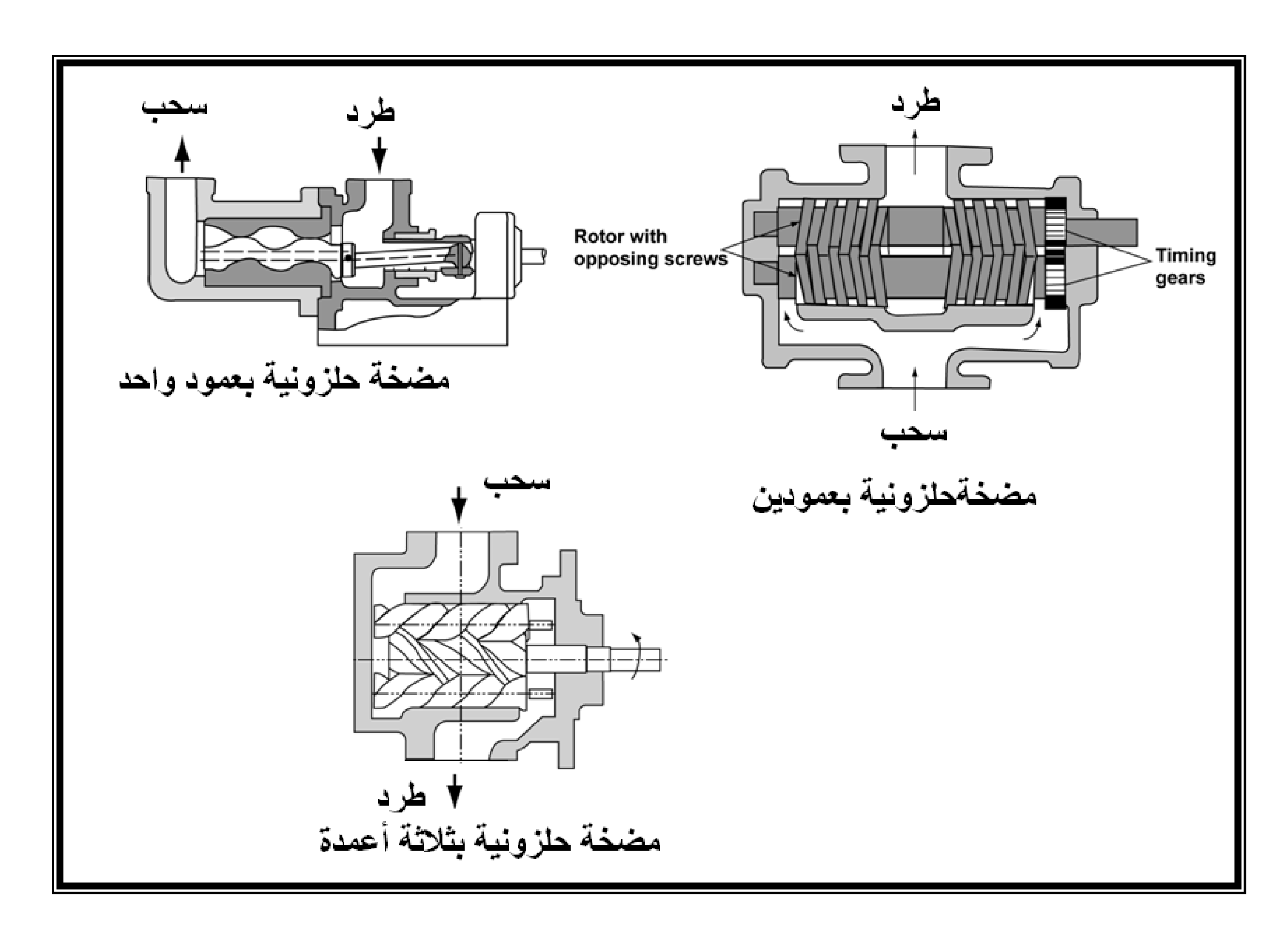
فى هذه المضخات يكون العضو الدوار عبارة عن اسطوانة صلبة تحتوى على تجاويف قطرية تتخللها لقم صلبة مستقيمة و تدور هذه الاسطوانة فى غلاف محكم ثابت حولها بحيث ينحرف مركز دورانها قليلاً عن مركز الغلاف فيتلامس جزء صغير من محيطها مع السطح الداخلى للغلاف ليقوم بعمل مانع التسرب بين السحب و الطرد و يسمح لسطح الأجزاء الباقية من المحيط بوجود بوجود خلوص بينها و بين السطح الداخلى للغلاف كافى لاحتواء السائل و عندما تدور الاسطوانة تسبب قوى الطرد المركزية خروج اللقمة من التجويف و ملامستها دائما لمحيط الغلاف الذى يحتوى السائل حيث يدخل السائل من فتحة السحب ليملأ الفراغ ما بين اللقمتين و سطح الاسطوانة و الغلاف و بدوران الاسطوانة ينغلق الفراغ على السائل بين لقمتين متتاليتين و يتحرك هذا الفراغ المملوء بالسائل ليزاح لجهة الطرد





المضخات الحلزونية SCREW PUMPS

تكون خلالها حركة السائل موازية لمحور العمود و ليست دائرية حول عمود الإدارة و هى عبارة عن عمود حلزونى يدور فى اسطوانة محكمة حوله بها ثقب بأحد طرفيها يدخل منها السائل و يقوم العمود الحلزونى بإزاحة السائل من هذه الفتحة إلى فتحة بالجهة المقابلة و هى جهة الطرد و من الممكن أن تصمم هذه المضخة بعمودين حلزونيين أو ثلاثة



المميزات

1- يمكنها العمل فى مدى واسع من معدلات التصرف و الضغوط

2- تناسب مدى واسع من السوائل اللزجة

3- القدرة على العمل بسرعات عالية تصل إلى 10000 لفة / دقيقة

4- سرعة السائل داخل المضخة منخفضة

5- لا تحتاج إلى تحضير

6- ذبذبات ميكانيكية منخفضة

7- قوية البنية و سهولة الصيانة

8- مناسبة للسوائل الملوثة

العيوب

1- تكلفتها عالية جداً بسبب الخلوصات بين أجزائها

2- يتأثر أداؤها بشدة مع تغير اللزوجة

3- المضخات ذات الضغط العالى منها تحتاج لأعمده حلزونية طويلة

الفصل الخامس : تشغيل المضخات و صيانتها

1- التشغيل OPERATION

يتم اختيار المضخة لضخ معدل معين بضغط طرد معين عندما تدور بالسرعة التقديرية ويتم تحديد هذه المؤشرات وفقاً لحالات التشغيل التى تغطى معظم وقت تشغيل المضخة و المضخات ذات الإزاحة الايجابية لا تستطيع تغيير معدلات ضخها إلا بتغيير سرعاتها كما يمكن تقليل معدلاتها بتركيب وصلة ترجيع جزء من معدل الضغط من جهة الطرد إلى جهة السحب أما المضخات المروحية (الطاردة المركزية) فتعمل لمدى واسع من معدلات الضخ ابتدءا من الصفر تقريبا حتى أقل معدل لها و يتوقف معدل ضخ المضخة المروحية على مقاومات الطرد أمامها فإذا زادت هذه المقاومات قل معدا ضخ المضخة و إذا قلت زاد معدل الضخ و لهذا يمكن تقليل معدل ضخ هذه المضخة بخنق تيار الضخ وذلك بغلق صمام الطرد جزئيا فتزداد مقاومات الطرد و هناك طريقة أخرى لتغيير معدل الضخ وذلك بتغيير سرعة المضخة

تحضير المضخات PRIMING OF PUMPS

لا يتغير الضغط الناتج عن عمل المضخة بتغير نوع السائل و على هذا فإنه إذا دارت المضخة و بداخلها هواء فإنها لا تعطى الضغط المانومترى المطلوب منها لذلك يجب أن تكون المروحة مغمورة بالسائل المطلوب ضخه و بالتالى نجد أن المضخة تدور بدون سحب أو طرد للسائل لذلك يجب فى هذه الحالة تحضير المضخة قبل تشغيلها أى ملأها السائل المطلوب ضخه قبل تشغيلها.

المضخات ذاتية التحضير SELF PRIMING PUMPS

فى هذا النوع تكون دائماً مروحة المضخة مغمورة ولو جزئياً فى الماء عند توقف المضخة و بالتالى فإنه عند إعادة التشغيل تبدأ فى تقليب هذا الماء داخل المضخة أو بين الغلاف و ماسورة السحب باستخدام عدد من الصمامات و مع استمرار عملية التقليب تبدأ فقاعات الهواء فى الغلاف و ماسورة السحب فى الخروج من ماسورة الطرد وعندما يتم طرد الهواء تكون المضخة جاهزة للتشغيل العادى.

إجراءات بدء و إيقاف المضخات STARTING AND STOPPING PROCEDURES

خطوات تشغيل المضخات

1- قبل تشغيل المضخة يجب التأكد أن كراسى المضخة وزيت التزييت فى حالة نظيفة و صالحة للاستعمال كما يجب التأكد من أن إتجاه دوران الموتور هو الاتجاه المحدد للمضخة و ذلك قبل تركيب الكوبلنج **COUPLING** و بعد تركيب الكوبلنج يجب التأكد أن العمود يمكن إدارته باليد بسهوله وإذا كانت المضخة تنقل سائل ساخن يجب محاولة إدارة المضخة بعد وصول المضخة إلى حرارة التشغيل باليد قبل تشغيل الموتور.

2- تحضير المضخة إذا كانت فوق مستوى سطح السحب.

3- فتح مياه التبريد للكراسى و الحشو و سائل منع التسرب.

4- إذا كانت المضخة كبيرة و يخشى من ارتفاع درجة الحرارة إذا تم التشغيل و محبس الطرد مغلق فيجب أن تكون للمضخة دائرة عكسية **RECYCLE LINE** تفتح قبل تشغيل الموتور.

5- بدأ تشغيل الموتور مع ضرورة إغلاقه إذا كان هناك أى صوت عالى أو إذا لم تدر المضخة فوراً ثم فتح محبس الطرد تدريجياً بعد التأكد من عدم وجود اى ظواهر غير عادية.

6- ملاحظة أن التسرب من صندوق الحشو معقول بحيث يقوم بتبريد الحشو و تشرب بسيط و لكن مستمر.

7- ملاحظة أن جميع العدادات التى غلى المضخة تقرأ القيم المتوقعة و أن مستوى صوت و اهتزازات المضخة و حرارة الكراسى هو المستوى العادى.

-8 إغلاق الدائرة العكسية **RECYCLE LINE**

أما إذا كانت المضخة ترددية فهناك استثناء وحيد أنه لا تبدأ المضخة مطلقاً و خط الطرد مغلق دون التأكد من فتح صمام الترجيع

خطوات وقف تشغيل المضخات

1- فتح الدائرة العكسية إذا كانت موجودة **RECYCLE LINE**

2- إغلاق محبس الطرد تدريجياً

3- وقف الموتور

4- إغلاق سوائل التبريد و سائل منع التسرب

5- تصفية المضخة من السائل إذا كانت ستترك لمدة طويلة أو سيتم بها أى عمليات إصلاح أو صيانة.

الصيانة MAINTENANCE

نظراً للتنوع الكبير للمضخات فلا يوجد برنامج صيانة ثابت للمضخات و لهذا يلزم دراسة و إتباع تعليمات الصانع بعناية عند متابعة و صيانة المضخات

-1 الملاحظة اليومية لتشغيل المضخة DAILY OBSERVATION

يجب على العامل المراقب لتشغيل المضخات أن يركز اهتمامه يومياً على

- عند حدوث أى تغيير فى صوت المضخة
- ظهور أى تسريب حول المضخة
- ارتفاع درجة حرارة كراسى المضخة و المحرك
- مراجعة مبينات (عدادات) الضغط و التصرف كل ساعة

وإن اختلف أى شئ مما سبق ذكره فيجب أن تفحص المضخة جيداً لمعرفة السبب

-2 الفحص النصف سنوى SEMIANUNUAL INSPECTION

يجب مراجعة الآتى كل ستة أشهر للمضخة

- مراجعة الضبط المحورى ALIGNMENT للمضخة و إعادة ضبطه إذا لزم ذلك
- تغيير زيت كراسى التحميل
- فحص حلقات الحشو و تغييرها إن لزم
- تنظيف مانع التسرب الميكانيكى
- قياس لذبذبات و اهتزازات المضخة

3- الفحص سنوى ANUNUAL INSPECTION

بالإضافة إلى الفحص النصف سنوى يجب عمل الآتى

- تغيير حلقات الحشو بالكامل
- اختبار استقامة العمود و الجلب
- اختبار وصلات التبريد و التزييت
- قياس القدرة الميكانيكية و كفاءة المضخة
-

4- العمرة الكاملة COMPLET OVERHAUL

تتوقف مدة عمل العمرة الكاملة حسب نوع المضخة و مدى تحميلها ومكان خدمتها ونوع السائل التى تضخه و تكون العمرة عندما يحدث

- انخفاض كفاءة المضخة
- ظهور أصوات و اهتزازات عالية عن الحد المسموح
-

تشخيص أعطال المضخة

تنقسم المسببات للأعطال فى المضخة إلى

1- أعطال هيدروليكية مثل

- عدم قدرتها على ضخ التصرف المطلوب
- عم قدرتها على إكساب السائل الضغط المطلوب
- فقد تحضير المضخة عند التشغيل
- تكهف

2- أعطال ميكانيكية مثل

- استهلاك قدرة أكبر من المحرك
- تسرب فى نظام مانع التسرب
- خلل فى عمل كراسى التحميل
- اهتزازات عالية
- كسر لأى جزء فى المضخة

3- أعطال متداخلة

قد يوجد تداخل فى تشخيص العطل مثل

- زيادة التآكل عند أماكن الخلوص بين الأماكن المتحركة و الدوارة

بعض المشكلات وأسبابها وطرق حلها

المشكلة	الأسباب المحتملة	الحلول
المضخة تدور ولا تضخ سائل	المضخة لم يتم تحضيرها	أعد تحضير المضخة
	خط السحب به شوائب	قم بإزالة الشوائب و تأكد أن الخط خالى من الشوائب
	المروحة بها شوائب تسببت فى سدد الغلاف	قم بتنظيف المروحة الغلاف من الشوائب
المضخة لا تنتج الضغط و التصرف المطلوبين	تسريب هواء للمضخة من خلال جوان	قم بتغيير جوان
	تسريب هواء للمضخة من خلال مانع التسرب	قم بتغيير مانع التسرب
	المروحة بها شوائب تسببت فى سدد جزئى للغلاف	قم بتنظيف المروحة الغلاف من الشوائب
	مسافة الخلوص بين المروحة و الغلاف كبيرة	مسافة الخلوص بين المروحة و الغلاف
	ضغط السحب اقل من المطلوب	تأكد من أن محبس السحب مفتوح تماماً و أن الخط غير مسدود
	تآكل أو كسر فى المروحة	افحص المروحة و قم بتغيرها لو كان بها كسر أو تآكل
المضخة بدأت فى العمل	المضخة لم يتم تحضيرها بشكل مناسب	أعد تحضير المضخة بشكل مناسب
	تكون جيوب هواء و أبخرة فى خط السحب	أطرد الهواء من فتحة التهريب (VENT)
	تسرب هواء لخط السحب	أمنع تسرب الهواء لخط السحب
حرارة الكراسى عالية	عدم محاذاة MISSALIGNMENT	أعد محاذاة المضخة مع الموتور
	تشحيم الكراسى غير مناسب أو قليل	تأكد من الشحم وكميته فى الكراسى
	نظام التبريد لا يعمل بصورة جيدة	تأكد من التبريد على الكراسى
صوت و اهتزازات المضخة عالية	عدم محاذاة MISSALIGNMENT	أعد محاذاة المضخة مع الموتور
	المروحة بها سدد جزئى أدى إلى عدم الاتزان	قم بتنظيف المروحة

	كسر أو انحناء فى المروحة أو العمود	غير الأجزاء التى بها انحناء أو كسر
	تآكل فى الكراسى	غير الكراسى التى بها التآكل
	خطوط السحب أو الطرد غير مثبته جيداً	قم بالتأكد من التثبيت وثبت الأماكن السائبة
	تكهف فى المضخة	افحص المضخة و نظامها و تعرف على سبب التكهف و قم بالعلاج
تسرب عالى من صندوق مانع التسرب	جلاند مانع التسرب غير مربوط بصورة جيدة	قم بربط صواميل الجلاند حتى يتوقف التسرب
	حلقات حشو مانع التسرب PACKING غير مرصوص بشكل صحيح	قم بفحص مانع التسريب وأعد الرص بشكل صحيح
	تآكل الأجزاء الميكانيكية فى مانع التسرب	قم بتغيير الأجزاء المتآكلة
	تعرض مانع التسرب الميكانيكى لحرارة عالية	افحص التزييت و التبريد الخاص بمانع التسرب الميكانيكى
	جلبة العمود فقدت استدارتها	أعد تشغيل الجلبة أو غيرها
الموتور يحتاج لقدرة زيادة	الضغط الناتج قليل و التصرف عالى	قم بتركيب محبس يقوم بخنق التصرف
	السائل أصبحت لزوجته أعلى من المتوقع	قم بفحص اللزوجة و الوزن النوعى
	صندوق الحشو مربوط بصورة عالية على العمود فيعيق حركته	أعد ربط صندوق الحشو بشكل صحيح
	أحد الأجزاء الدوارة فى المضخة بها انحناء	قم بفحص الأجزاء الميكانيكية داخل المضخة و غير الأجزاء التى بها انحناء